

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DEL CANAL DE RADIO A 5,5 GHz EN DIFERENTES ENTORNOS

Ingeniería de Telecomunicación

David Fernández Campillo
Junio 2012

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DEL CANAL DE RADIO A 5,5 GHz EN DIFERENTES ENTORNOS

AUTOR: David Fernández Campillo
TUTOR: Bazil Taha Ahmed

Grupo de RFCAS
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Junio 2012

Resumen

Resumen

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es el de realizar una campaña de medidas para el cálculo de las pérdidas de propagación en diferentes escenarios, tanto interiores como exteriores, para la banda de trabajo contenida entre 5.4 GHz y 5.7 GHz.

Se estudiarán enlaces de entre 10 a 52 metros de distancia total entre antenas, según escenario, simulando enlaces reales dentro de edificios, llamados picoceldas, siguiendo una estructura de estación base fija y cliente móvil. Para ello se usarán antenas de distintas ganancias, con polarización horizontal y vertical, aplicadas a todos los escenarios para comprobar su repercusión en el sistema en comparación con la atenuación teórica previamente calculada. Además se estudiarán las pérdidas producidas por diversos materiales y obstáculos que pueden encontrarse en los edificios tales como puertas, ventanas y columnas.

Los resultados se mostrarán:

- En forma gráfica y contarán con: los datos de las medidas tomadas, la atenuación teórica, el ajuste de las medidas en dos rectas, el histograma de la diferencia de las medidas al valor medio y su función de distribución de probabilidad. Los histogramas y las funciones de distribución en todos los casos se han aproximado por una combinación de hasta dos funciones Gaussianas y una función Rayleigh.

- En forma de ecuación (modelo de propagación) que define el ajuste de las medidas en dos rectas.

- En forma de tablas que resuman de forma concisa los datos mas importantes observados en cada caso.

Palabras Clave

- Enlace inalámbrico
- Picocelda
- Pérdida de propagación
- Modelo de propagación
- Antena

- Polarización
- 802.11ac
- Radiocomunicación
- Banda ancha
- Analizador de redes

Abstract

The aim of this Final Career Project is to carry out a measurement campaign focused on the calculation of propagation loss in different indoor and outdoor scenarios. I will work with the frequency bandwidth range between 4.5 GHz.

In this study I will do 10 to 52 meters wireless links, it depends on the scenario. I will simulate indoor real links, also called picocells, following the structure of a base station and mobile client. For that purpose I will use different gain antennas with horizontal and vertical polarization, putting into practice to the different scenarios to check the impact in the system compared to the theoretical loss. In addition in this study i will do insertion loss measurements with some obstacles that can be found in most buildings such as doors, windows and columns.

The results will show:

- Graphical data that will have: measures data, theoretical loss, two curves adjustment, measurements to mean value histogram, and its cumulative distribution function. The histograms and cumulative distribution functions will be aproximate by a combination of at least two Gaussian functions and one Rayleigh function.
- Propagation model that is defined with two curves ecuations.
- Tables with most important data.

Key words

- Wireless link
- Picocell
- Propagation loss
- Propagation model
- Antenna
- Polarization
- 802.11ac
- Radiocomunication
- Bandwidth
- Network analyzer

Agradecimientos

En primer lugar tengo que agradecer a mi tutor Bazil Taha su ayuda y apoyo en este proyecto. Gracias por ofrecerme la oportunidad de trabajar en vuestro grupo RFCAS, gracias por el buen ambiente que creáis todos los que hemos compartido ese laboratorio.

Agradecer a mi familia su apoyo incondicional en todo momento. Sin duda les debo a ellos el haber llegado hasta aquí. Gracias por soportar mi humor de perros en las épocas de exámenes.

Gracias a mis amigos las buenas experiencias, a mis amigos de toda la vida y a los adquiridos en esta etapa universitaria. Gracias por estar siempre ahí, por vuestra ayuda directa o indirecta. Porque sin vuestro apoyo no hubiese sido lo mismo.

Gracias a los compañeros de la universidad por pasar los buenos y malos momentos juntos estos años y a los profesores de los que tanto he aprendido. Y gracias a todos los que se han leído este trabajo o parte de el.

En general gracias a todos por ayudarme a llegar hasta aquí.

"Si quieres ir rápido, ve solo; si quieres llegar lejos, ve acompañado."

— Proverbio chino.

Gracias por acompañarme.

Índice general

	Página
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XLVII
Preámbulo	XLIX
1 Introducción	1
1.1 Motivación del proyecto	2
1.1.1 Estándar 802.11ac	3
1.1.1.1 Cobertura	4
1.1.1.2 Velocidad	5
1.1.1.3 Ancho de canal	5
1.2 Objetivos y enfoque	5
1.3 Metodología y plan de trabajo	6
1.4 Organización de la memoria	6
2 Estado del arte	7
2.1 Pérdidas de propagación	8
2.2 Modelos de propagación	9
2.2.1 Modelo de pendiente única (One-step model)	9
2.2.2 Modelo de doble pendiente	10
2.2.3 Modelo multipared (Multi-wall model)	10
2.2.4 Modelo de atenuación lineal (Linear attenuation model)	11
2.3 Pérdidas en espacio libre. Cálculo teórico	11
2.4 El problema del multitrayecto	12
2.5 Ancho de banda coherente (Coherence bandwidth)	13
2.6 Trabajos anteriores en este campo	14

3	Teoría relacionada	15
3.1	Redes inalámbricas	16
3.1.1	Introducción	16
3.2	Teoría de antenas	17
3.2.1	Introducción	17
3.2.2	Diagrama de radiación	17
3.2.3	Campo cercano y lejano	18
3.2.4	Densidad de potencia radiada	18
3.2.5	Directividad	19
3.2.6	Ganancia	19
3.2.7	Eficiencia	19
3.2.8	Ancho de banda	19
3.3	Distribuciones de probabilidad	20
3.3.1	Normal o Gaussiana	20
3.3.2	Rayleigh	21
3.3.3	Combinación de Rayleigh y Normal	22
3.4	Parámetros S	24
3.5	Balance de un enlace radioeléctrico	25
4	Preparación de la campaña de medidas	27
4.1	Análisis del material disponible	28
4.1.1	Antenas	28
4.1.1.1	Antena 1 y antena 2: hg5419P	28
4.1.1.2	Antena 3: hg5158P	30
4.1.1.3	Antena 4: hg5411P	31
4.1.2	Cableado	31
4.1.3	Analizador de redes	32
4.1.3.1	Rohde & Schwarz ZVL	32
4.1.3.2	Agilent E5071C	32
4.1.4	Generador de señal	33
4.1.5	Analizador de espectro	33
4.1.6	Medidor láser	34
4.1.7	Resto de recursos utilizados	35
4.2	Escenarios	35
4.3	Procedimiento de toma de medidas	35
4.3.1	Con el analizador de redes	35

4.3.2	Con el generador de señal y analizador de espectro	36
4.4	Representación gráfica y análisis de los datos obtenidos	36
5	Campana de medidas	39
5.1	Edificio C	40
5.1.1	Escenario 1: Despachos C-336 - C-344	40
5.1.2	Pérdidas de inserción de varios elementos usando el analizador de redes . . .	55
5.1.2.1	Escenario 2: Columnas del Edificio C, Planta 3	55
5.1.2.2	Escenario 3: Pared lateral del despacho 338, Planta 3 del Edificio C	59
5.1.2.3	Escenario 4: Puerta del despacho 338 de la Planta 3 del Edificio C	63
5.1.3	Pérdidas de inserción con el analizador de espectro	68
5.1.3.1	Escenario 5: Ventana en la puerta de entrada, Planta Baja, Edificio C	68
5.1.3.2	Escenario 6: Puerta metálica con ojo de buey, Planta 1, Edificio C	70
5.1.4	Escenario 7: Pérdidas de propagación con columnas	74
5.1.4.1	Caso 1	74
5.1.4.2	Caso 2	84
5.1.4.3	Caso 3	94
5.1.5	Escenario 8: Pérdidas de propagación en los bordes de una columna	103
5.1.6	Escenario 9: Pérdidas de propagación en pasillo largo, Edificio C	107
5.1.7	Escenario 10: Pasillo frente despachos, Planta 3, Edificio C	112
5.1.8	Escenario 11: Pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C	161
5.2	Edificio A	210
5.2.1	Escenario 12: Pasillo Central, Planta Baja, Edificio A	210
5.2.2	Escenario 13: Pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A	259
5.2.3	Escenario 14: Pasillo corto frente a despacho, Planta 3, Edificio A	332
5.3	Edificio B	351
5.3.1	Escenario 15: Pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B	351
5.3.2	Escenario 16: Pasillo ancho cerrado, Planta 4, Edificio B	406
5.4	Análisis en el dominio del tiempo	461
6	Conclusiones y trabajo futuro	467
6.1	Conclusiones	468
6.2	Trabajo futuro	469
	Referencias	470
A	Versión	473

B	Publicación	475
C	Presupuesto	511
D	Pliego de condiciones	513

Índice de figuras

	Página
1.1 Cobertura HSDPA de la red de Vodafone en España, Abril 2012	2
1.2 Cobertura HSDPA+ de la red de Vodafone en España, Abril 2012	3
1.3 Velocidades estimadas de funcionamiento para 802.11ac y 802.11n	3
1.4 Distintos modelos de routers con soporte a 802.11ac	4
2.1 Representación gráfica del fenómeno de reflexión	8
2.2 Representación gráfica del fenómeno de difracción	8
2.3 Representación gráfica del fenómeno de dispersión	8
2.4 Pérdidas de propagación en espacio libre	11
2.5 Efecto multitrayecto con visión directa (LOS)	12
2.6 Efecto multitrayecto sin visión directa (NLOS)	12
2.7 Potencia recibida en función del tiempo	13
3.1 Diagrama de radiación de una antena muy directiva, HG5419P	17
3.2 Diagrama de radiación de una antena menos directiva, HG5158P	18
3.3 Funciones de densidad de probabilidad normal variando parámetros μ y σ	20
3.4 Funciones de distribuciones de probabilidad normal variando parámetros μ y σ	20
3.5 Funciones de densidad de probabilidad Rayleigh variando el parámetro σ	21
3.6 Distintos ejemplos de mezcla de distribuciones	23
3.7 Cuadripolo.	24
4.1 Pérdidas a 1 m. con las antenas 1 y 2 sin compensar la ganancia	28
4.2 Pérdidas a 1 m. con las antenas 1 y 2 con la ganancia compensada	29
4.3 Medida de la reflexion S_{11} de la antena 1	29
4.4 Medida de la reflexion S_{11} de la antena 2	30
4.5 Medida de la reflexion S_{11} de la antena 3	30
4.6 Medida de la reflexion S_{11} de la antena 4	31
4.7 Analizador de redes Rohde & Schwarz ZVL	32
4.8 Analizador de redes Agilent E5071C	32

4.9	Generador de señal Rohde & Schwarz SMB 100A	33
4.10	Analizador de espectro Anritsu MS2717B	33
4.11	Captura de pantalla del analizador de espectro	34
4.12	Medidor láser Bosch DLE40.	34
4.13	Ejemplo de representación lineal.	37
4.14	Ejemplo de representación logarítmica.	37
4.15	Ejemplo de histograma	38
4.16	Ejemplo de CDF	38
5.1	Plano de los despachos C-336 a C-344, Edificio C	40
5.2	Foto del despacho 344 con la antena transmisora, Edificio C	40
5.3	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda	41
5.4	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda	41
5.5	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	42
5.6	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	42
5.7	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	43
5.8	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	43
5.9	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, en toda la banda	44
5.10	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, en toda la banda	44
5.11	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	45
5.12	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	45
5.13	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	46
5.14	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	46
5.15	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, en toda la banda	47
5.16	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, en toda la banda	47

5.17	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	48
5.18	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	48
5.19	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	49
5.20	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	49
5.21	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda	50
5.22	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda	50
5.23	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	51
5.24	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	51
5.25	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	52
5.26	Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	52
5.27	Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de dos columnas .	55
5.28	Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de una columna cerca de la antena transmisora	55
5.29	Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de una columna cerca de la antena receptora	55
5.30	Pérdidas de inserción de columnas, en toda la banda, con polarización vertical .	56
5.31	Pérdidas de inserción de columnas, en toda la banda, con polarización horizontal	56
5.32	Pérdidas de inserción de columnas, canal de 20 MHz, con polarización vertical .	57
5.33	Pérdidas de inserción de columnas, canal de 5 MHz, con polarización vertical .	57
5.34	Pérdidas de inserción de columnas, en función de la frecuencia, con polarización vertical	58
5.35	Pérdidas de inserción de columnas, en función de la frecuencia, con polarización horizontal	58
5.36	Plano de la situación de las antenas para medir la inserción de una pared . . .	59
5.37	Foto con la pared en la trayectoria entre las antenas	59
5.38	Pérdidas de inserción de una pared, toda la banda, con polarización vertical . .	60
5.39	Pérdidas de inserción de una pared, toda la banda, con polarización horizontal .	60
5.40	Pérdidas de inserción de pared, canal de 20 MHz, con polarización vertical . . .	61
5.41	Pérdidas de inserción de pared, canal de 5 MHz, con polarización vertical . . .	61

5.42	Pérdidas de inserción de pared, en función de la frecuencia, con polarización vertical	62
5.43	Pérdidas de inserción de pared, en función de la frecuencia, con polarización horizontal	62
5.44	Plano de la situación de las antenas para medir la inserción de una puerta	63
5.45	Foto con la puerta en la trayectoria entre las antenas	63
5.46	Pérdidas de inserción de una puerta, toda la banda, con polarización vertical . .	64
5.47	Pérdidas de inserción de una puerta, toda la banda, con polarización horizontal .	64
5.48	Pérdidas de inserción de puerta, canal de 20 MHz, con polarización vertical . . .	65
5.49	Pérdidas de inserción de puerta, canal de 5 MHz, con polarización vertical	65
5.50	Pérdidas de inserción de puerta, en función de la frecuencia, con polarización vertical	66
5.51	Pérdidas de inserción de puerta, en función de la frecuencia, con polarización horizontal	66
5.52	Esquema de posición de las antenas en la ventana, Planta Baja, Edificio C	68
5.53	Foto de la cristalera al lado de la puerta de entrada, Planta Baja, Edificio C . . .	68
5.54	Inserción de un cristal, antenas 1 y 2, con polarización vertical	69
5.55	Inserción de un cristal, antenas 1 y 2, con polarización horizontal	69
5.56	Esquema de posición de las antenas en la puerta, Planta 1, Edificio C	70
5.57	Foto de la puerta metálica con ojo de buey, Planta 1, Edificio C	70
5.58	Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 1 y 2, con polarización vertical	71
5.59	Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 1 y 2, con polarización horizontal	71
5.60	Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 3 y 4, con polarización vertical	72
5.61	Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 3 y 4, con polarización horizontal	72
5.62	Esquema de situación de las antenas respecto a las columnas, caso 1	74
5.63	Foto de la Planta Baja con columnas del Edificio C, caso 1	74
5.64	Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido	75
5.65	Posibles reflexiones en la última posición del recorrido	75
5.66	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical	76
5.67	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal	76
5.68	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical	77
5.69	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical	77
5.70	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical	78
5.71	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal	78
5.72	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	79
5.73	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	79

5.74	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical	80
5.75	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal	80
5.76	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical	81
5.77	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical	81
5.78	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical	82
5.79	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal	82
5.80	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	83
5.81	Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	83
5.82	Esquema de situación de las antenas respecto de las columnas, caso 2	84
5.83	Foto de la Planta Baja con columnas del Edificio C, caso 2	84
5.84	Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido con una columna . .	85
5.85	Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido con dos columnas . .	85
5.86	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical	86
5.87	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal	86
5.88	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical	87
5.89	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical	87
5.90	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical	88
5.91	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal	88
5.92	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	89
5.93	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	89
5.94	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical	90
5.95	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal	90
5.96	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical	91
5.97	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical	91
5.98	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical	92
5.99	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal	92
5.100	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	93
5.101	Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	93
5.102	Esquema de situación de las antenas respecto de las columnas, caso 3	94
5.103	Foto de la Planta Baja con columnas del Edificio C, caso 3	94
5.104	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical	95
5.105	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal	95
5.106	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical	96
5.107	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical	96
5.108	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical	97

5.109	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal	97
5.110	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	98
5.111	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	98
5.112	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical	99
5.113	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal	99
5.114	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical	100
5.115	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical	100
5.116	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical	101
5.117	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal	101
5.118	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical	102
5.119	Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical	102
5.120	Situación de la antena en el lado ancho de la columna	103
5.121	Situación de la antena en el lado estrecho de la columna	103
5.122	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda	104
5.123	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda	104
5.124	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	105
5.125	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	105
5.126	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	106
5.127	Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	106
5.128	Foto y plano del pasillo central, Planta Baja, Edificio C	107
5.129	Pasillo largo, antenas 1 y 2, con polarización vertical	108
5.130	Pasillo largo, antenas 2 y 3, con polarización vertical	109
5.131	Pasillo largo, antenas 2 y 4, con polarización vertical	110
5.132	Pasillo largo, antenas 3 y 4, con polarización vertical	111
5.133	Plano del pasillo frente a los despachos, Planta 3, Edificio C	112
5.134	Foto del pasillo frente a los despachos, Planta 3, Edificio C	112
5.135	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	113
5.136	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	114
5.137	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	114

5.138	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	115
5.139	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	115
5.140	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	116
5.141	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	117
5.142	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	117
5.143	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	118
5.144	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	118
5.145	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	119
5.146	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	120
5.147	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	120
5.148	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	121
5.149	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	121
5.150	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	122
5.151	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	123
5.152	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	123
5.153	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	124
5.154	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	124
5.155	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	125
5.156	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	126
5.157	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	126
5.158	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	127

5.159	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	127
5.160	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	128
5.161	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	129
5.162	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	129
5.163	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	130
5.164	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	130
5.165	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	131
5.166	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	132
5.167	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	132
5.168	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	133
5.169	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	133
5.170	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	134
5.171	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	135
5.172	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	135
5.173	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	136
5.174	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	136
5.175	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	137
5.176	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	138
5.177	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	138
5.178	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	139
5.179	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	139

5.180	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	140
5.181	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	141
5.182	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	141
5.183	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	142
5.184	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	142
5.185	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	143
5.186	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	144
5.187	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	144
5.188	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	145
5.189	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	145
5.190	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	146
5.191	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	147
5.192	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	147
5.193	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	148
5.194	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	148
5.195	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	149
5.196	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	150
5.197	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	150
5.198	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	151
5.199	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	151
5.200	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	152

5.201	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	153
5.202	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	153
5.203	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	154
5.204	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	154
5.205	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	155
5.206	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	156
5.207	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	156
5.208	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	157
5.209	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	157
5.210	Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	158
5.211	Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	159
5.212	CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	159
5.213	Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	160
5.214	CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	160
5.215	Plano del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C	161
5.216	Foto del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C	161
5.217	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	162
5.218	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	163
5.219	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	163
5.220	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	164
5.221	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	164

5.222	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	165
5.223	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	166
5.224	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	166
5.225	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	167
5.226	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	167
5.227	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	168
5.228	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	169
5.229	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	169
5.230	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	170
5.231	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	170
5.232	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	171
5.233	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	172
5.234	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	172
5.235	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	173
5.236	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	173
5.237	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	174
5.238	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	175
5.239	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	175
5.240	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	176
5.241	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	176
5.242	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	177

5.243	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	178
5.244	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	178
5.245	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	179
5.246	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	179
5.247	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	180
5.248	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	181
5.249	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	181
5.250	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	182
5.251	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	182
5.252	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	183
5.253	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	184
5.254	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	184
5.255	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	185
5.256	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	185
5.257	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	186
5.258	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	187
5.259	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	187
5.260	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	188
5.261	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	188
5.262	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	189
5.263	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	190

5.264	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	190
5.265	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	191
5.266	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	191
5.267	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	192
5.268	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	193
5.269	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	193
5.270	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	194
5.271	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	194
5.272	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	195
5.273	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	196
5.274	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	196
5.275	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	197
5.276	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	197
5.277	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	198
5.278	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	199
5.279	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	199
5.280	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	200
5.281	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	200
5.282	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	201
5.283	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	202
5.284	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	202

5.285	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	203
5.286	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	203
5.287	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	204
5.288	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	205
5.289	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	205
5.290	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	206
5.291	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	206
5.292	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	207
5.293	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	208
5.294	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	208
5.295	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	209
5.296	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	209
5.297	Plano del pasillo central, Planta Baja, Edificio A	210
5.298	Foto del pasillo central, Planta Baja, Edificio A	210
5.299	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	211
5.300	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	212
5.301	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	212
5.302	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	213
5.303	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	213
5.304	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	214
5.305	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	215

5.306	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	215
5.307	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	216
5.308	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	216
5.309	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	217
5.310	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	218
5.311	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	218
5.312	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	219
5.313	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	219
5.314	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	220
5.315	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	221
5.316	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	221
5.317	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	222
5.318	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	222
5.319	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	223
5.320	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	224
5.321	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	224
5.322	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	225
5.323	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	225
5.324	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	226
5.325	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	227
5.326	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	227

5.327	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	228
5.328	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	228
5.329	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	229
5.330	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	230
5.331	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	230
5.332	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	231
5.333	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	231
5.334	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	232
5.335	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	233
5.336	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	233
5.337	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	234
5.338	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	234
5.339	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	235
5.340	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	236
5.341	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	236
5.342	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	237
5.343	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	237
5.344	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	238
5.345	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	239
5.346	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	239
5.347	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	240

5.348	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	240
5.349	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	241
5.350	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	242
5.351	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	242
5.352	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	243
5.353	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	243
5.354	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	244
5.355	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	245
5.356	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	245
5.357	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	246
5.358	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	246
5.359	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	247
5.360	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	248
5.361	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	248
5.362	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	249
5.363	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	249
5.364	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	250
5.365	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	251
5.366	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	251
5.367	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	252
5.368	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	252

5.369	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	253
5.370	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	254
5.371	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	254
5.372	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	255
5.373	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	255
5.374	Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	256
5.375	Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	257
5.376	CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	257
5.377	Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	258
5.378	CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	258
5.379	Plano del pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A	259
5.380	Foto del pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A	259
5.381	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	260
5.382	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	261
5.383	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	261
5.384	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	262
5.385	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	262
5.386	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	263
5.387	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	264
5.388	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	264
5.389	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	265

5.390	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	265
5.391	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	266
5.392	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	267
5.393	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	267
5.394	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	268
5.395	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	268
5.396	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	269
5.397	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	270
5.398	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	270
5.399	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	271
5.400	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	271
5.401	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	272
5.402	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	273
5.403	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	273
5.404	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	274
5.405	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	274
5.406	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	275
5.407	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	276
5.408	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	276
5.409	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	277
5.410	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	277

5.411	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	278
5.412	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	279
5.413	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	279
5.414	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	280
5.415	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	280
5.416	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	281
5.417	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	282
5.418	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	282
5.419	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	283
5.420	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	283
5.421	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	284
5.422	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	285
5.423	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	285
5.424	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	286
5.425	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	286
5.426	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	287
5.427	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	288
5.428	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	288
5.429	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	289
5.430	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	289
5.431	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	290

5.432	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	291
5.433	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	291
5.434	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	292
5.435	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	292
5.436	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	293
5.437	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	294
5.438	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	294
5.439	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	295
5.440	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	295
5.441	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	296
5.442	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	297
5.443	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	297
5.444	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	298
5.445	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	298
5.446	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	299
5.447	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	300
5.448	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	300
5.449	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	301
5.450	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	301
5.451	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	302
5.452	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	303

5.453	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	303
5.454	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	304
5.455	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	304
5.456	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	305
5.457	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	306
5.458	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	306
5.459	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	307
5.460	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda	307
5.461	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	308
5.462	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	309
5.463	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	309
5.464	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	310
5.465	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz	310
5.466	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	311
5.467	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	312
5.468	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	312
5.469	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	313
5.470	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz	313
5.471	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	314
5.472	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	315
5.473	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	315

5.474	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	316
5.475	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	316
5.476	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	317
5.477	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	318
5.478	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	318
5.479	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	319
5.480	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	319
5.481	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	320
5.482	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	321
5.483	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	321
5.484	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	322
5.485	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	322
5.486	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	323
5.487	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	324
5.488	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	324
5.489	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	325
5.490	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	325
5.491	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	326
5.492	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	327
5.493	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	327
5.494	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	328

5.495	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	328
5.496	Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	329
5.497	Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	330
5.498	CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	330
5.499	Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	331
5.500	CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	331
5.501	Plano del pasillo frente despacho, Planta 3, Edificio A	332
5.502	Foto del pasillo frente despacho, Planta 3, Edificio A	332
5.503	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	333
5.504	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	334
5.505	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	334
5.506	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	335
5.507	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	335
5.508	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	336
5.509	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	337
5.510	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	337
5.511	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	338
5.512	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	338
5.513	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	339
5.514	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	340
5.515	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	340

5.516	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	341
5.517	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	341
5.518	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	342
5.519	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	343
5.520	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	343
5.521	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	344
5.522	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	344
5.523	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	345
5.524	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	346
5.525	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	346
5.526	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	347
5.527	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	347
5.528	Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	348
5.529	Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	349
5.530	CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	349
5.531	Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	350
5.532	CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	350
5.533	Plano del pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B	351
5.534	Foto del pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B	351
5.535	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	352
5.536	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	353

5.537	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	353
5.538	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	354
5.539	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	354
5.540	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	355
5.541	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	356
5.542	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	356
5.543	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	357
5.544	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	357
5.545	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	358
5.546	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	359
5.547	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	359
5.548	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	360
5.549	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	360
5.550	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	361
5.551	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	362
5.552	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	362
5.553	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	363
5.554	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	363
5.555	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	364
5.556	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	365
5.557	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	365

5.558	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	366
5.559	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	366
5.560	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	367
5.561	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	368
5.562	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	368
5.563	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	369
5.564	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	369
5.565	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	370
5.566	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	371
5.567	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	371
5.568	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	372
5.569	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	372
5.570	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	373
5.571	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	374
5.572	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	374
5.573	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	375
5.574	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	375
5.575	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	376
5.576	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	377
5.577	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	377
5.578	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	378

5.579	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	378
5.580	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	379
5.581	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	380
5.582	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	380
5.583	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	381
5.584	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	381
5.585	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	382
5.586	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	383
5.587	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	383
5.588	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	384
5.589	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	384
5.590	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	385
5.591	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	386
5.592	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	386
5.593	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	387
5.594	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	387
5.595	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	388
5.596	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	389
5.597	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	389
5.598	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	390
5.599	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	390

5.600	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	391
5.601	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	392
5.602	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	392
5.603	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	393
5.604	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	393
5.605	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	394
5.606	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	395
5.607	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	395
5.608	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	396
5.609	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	396
5.610	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	397
5.611	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	398
5.612	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	398
5.613	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	399
5.614	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	399
5.615	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	400
5.616	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	401
5.617	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	401
5.618	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	402
5.619	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	402
5.620	Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	403

5.621	Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	404
5.622	CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	404
5.623	Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	405
5.624	CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	405
5.625	Plano del pasillo ancho, Planta 4, Edificio B	406
5.626	Foto del pasillo ancho, Planta 4, Edificio B	406
5.627	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	407
5.628	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	408
5.629	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	408
5.630	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	409
5.631	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	409
5.632	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	410
5.633	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	411
5.634	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	411
5.635	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	412
5.636	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	412
5.637	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	413
5.638	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	414
5.639	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	414
5.640	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	415
5.641	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	415

5.642	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	416
5.643	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	417
5.644	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	417
5.645	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	418
5.646	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	418
5.647	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	419
5.648	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	420
5.649	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	420
5.650	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	421
5.651	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	421
5.652	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	422
5.653	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	423
5.654	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	423
5.655	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	424
5.656	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	424
5.657	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	425
5.658	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	426
5.659	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	426
5.660	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	427
5.661	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	427
5.662	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	428

5.663	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	429
5.664	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	429
5.665	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	430
5.666	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	430
5.667	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	431
5.668	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	432
5.669	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	432
5.670	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	433
5.671	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	433
5.672	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	434
5.673	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	435
5.674	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	435
5.675	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	436
5.676	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda	436
5.677	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	437
5.678	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	438
5.679	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	438
5.680	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	439
5.681	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz	439
5.682	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	440
5.683	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	441

5.684	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	441
5.685	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	442
5.686	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz	442
5.687	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	443
5.688	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	444
5.689	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	444
5.690	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	445
5.691	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda	445
5.692	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	446
5.693	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	447
5.694	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	447
5.695	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	448
5.696	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	448
5.697	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	449
5.698	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	450
5.699	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	450
5.700	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	451
5.701	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	451
5.702	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	452
5.703	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	453
5.704	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	453

5.705	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	454
5.706	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda	454
5.707	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	455
5.708	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	456
5.709	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	456
5.710	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	457
5.711	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz	457
5.712	Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	458
5.713	Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	459
5.714	CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	459
5.715	Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	460
5.716	CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz	460
5.717	Plano del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C	461
5.718	Foto del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C	462
5.719	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 1 y 2, a 1.4 m. de altura	462
5.720	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 1 y 2, a 2.3 m. de altura	463
5.721	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 3, a 1.4 m. de altura	463
5.722	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 3, a 2.3 m. de altura	464
5.723	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 4, a 1.4 m. de altura	464
5.724	Potencia recibida frente al tiempo, antenas 3 y 4, a 1.4 m. de altura	465
5.725	Comparación entre las antenas 1-2 y 3-4, a 1.4 m. de altura	466

Índice de tablas

	Página
2.1 Índices de propagación para el modelo de pendiente única.	10
5.1 Pérdidas efectivas de inserción de cada pared, antenas a 1.40 m.	53
5.2 Pérdidas efectivas de inserción de cada pared, antenas a 2.30 m.	54
5.3 Media y desviación de las pérdidas de inserción de cada elemento	67
5.4 Media y desviación de las pérdidas de inserción de una ventana	73
5.5 Pérdidas de inserción de una puerta metálica con ojo de buey	73

Preámbulo

Organización del Proyecto

El proyecto está organizado en 6 capítulos:

- Introducción.
- Estado del arte.
- Teoría relacionada.
- Preparación de la campaña de medidas.
- Campaña de medidas.
- Conclusiones y trabajo futuro.

Y un apéndice donde se encuentra la publicación realizada.

Nota sobre la versión

Esta versión de la memoria solo contiene las gráficas y datos de las medidas realizadas en polarización vertical. Puede encontrarse una versión completa del trabajo que incluye todos los datos y gráficas para la polarización horizontal en el CD que se adjunta. Esto se ha decidido hacer así puesto que la memoria completa resulta demasiado extensa.

Herramientas utilizadas

El presente documento ha sido redactado por el autor usando \LaTeX , tomando como base la plantilla propuesta por Pedro Tomé González. El formato del texto es Computer Roman Modern a tamaño 11pt. Todos los gráficos e imágenes fueron incluidos en formato PNG (Portable Network Graphics), JPEG (Joint Photographic Experts Group) o PDF (Portable Document Format).

Nota sobre el copyright ®

Los derechos de cualquier marca comercial o registrada mencionada en el presente documento son propiedad de sus respectivos titulares.

1

Introducción

1.1. Motivación del proyecto

En los últimos años ha aumentado notablemente la presencia de dispositivos móviles en la sociedad, ya sean móviles, ordenadores portátiles, smartphones y otros dispositivos. A su vez la demanda de ancho de banda por cada terminal es cada vez mayor, quedándose cortas las tecnologías de acceso móviles actuales:

- GSM (Groupe Spécial Mobile): 9,6 Kbps y tiempo de establecimiento de conexión de 15 a 30 segundos.
- GPRS (Global Packet Radio Service): hasta 144 Kbps y tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- UMTS (Universal Mobile Telephony System): de 384 Kbps a 2 Mbps.
- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): hasta 14 Mbps.
- HSPA+ (High-Speed Packet Access Evolved): hasta 84 Mbps con multi-antena (MIMO¹) y en zonas muy localizadas cerca de las antenas. Típicamente se consiguen velocidades de 21 MBps.



Figura 1.1: Cobertura HSDPA de la red de Vodafone en España, Abril 2012

Para cubrir esta demanda se crea WiMAX² como complemento, que tiene un rango de cobertura de hasta 50 Kilómetros y por otra parte tiene unas velocidades de acceso máximas de 70 Mbps (35 + 35 Mbps), presentando unas velocidades típicas de 15 Mbps. En este sentido se han seguido profundizando y mejorando las tecnologías usando bandas de frecuencia mas altas que permiten ancho de banda mayores.

La tecnología WiMAX está pensada para su uso exterior principalmente. En cambio, la tecnología de acceso WiFi³ mejora las velocidades de conexión, con una capacidad de 11, 54 y 108 Mbps⁴,

¹MIMO: Multiple-Input Multiple-Output

²Nombre comercial del estándar 802.16

³Nombre comercial del estándar 802.11

⁴Para los estándares 802.11b, 802.11g y 802.11n respectivamente [1]

bandas de hasta 320 MHz se consiguen velocidades muy superiores a las actuales, por encima de los 800 Mbps usando una única antena y con una banda de 160 MHz. Estas velocidades pueden superarse ampliamente usando bandas de 320 MHz o haciendo uso de varias antenas.

Para la planificación inicial de un sistema de estas características, hay que estimar el número de estaciones bases necesarias para proporcionar una cobertura, definida por las características de los dispositivos usados para realizar el enlace radioeléctrico, a cualquier dispositivo móvil que se encuentre en los límites del edificio. Para ello, necesitamos modelos que representen las características de propagación en el entorno y en el canal que usaremos en el sistema.

En la actualidad este estándar no está siendo usado a gran escala, pero los fabricantes de dispositivos ya están empezando a trabajar con este estándar. Por ejemplo, ya se han anunciado routers comerciales orientados tanto a empresas como particulares por parte de Netgear y Buffalo (Figura 1.4).



Figura 1.4: Distintos modelos de routers con soporte a 802.11ac

Por otro lado empresas como Apple también están anunciando su intención de empezar a incorporar en sus nuevos terminales esta tecnología. Por lo que es de esperar que sus competidores en el mercado hagan lo propio a corto plazo.

En estas condiciones parece evidente que esta tecnología va a ser ampliamente usada por una gran cantidad de personas, por lo que es deseable conocer a la perfección el comportamiento de la señal en todos los entornos posibles y con todas las condiciones que se puedan dar.

1.1.1.1. Cobertura

Debido a que se utilizará la banda de los 5 GHz que tiene menos alcance que la banda de 2.4 GHz en las mismas condiciones por un principio físico. Este nuevo estándar incluye Beamforming para transmisión y recepción, esto es un tipo de categoría MIMO que consiste en la formación de una onda de señal reforzada mediante el desfase en distintas antenas y es capaz de ?superar? obstáculos llegando hasta al cliente por el mejor camino. El Beamforming reconoce los elementos que causan un bajo rendimiento (muros, paredes) e intenta evitarlos. Las tecnologías LPDC, (Low density parity check) y STBC (Space-Time Block Codes) también están presentes en este nuevo estándar para aumentar la eficiencia de la transmisión al máximo y conseguir altas velocidad inalámbricas.

1.1.1.2. Velocidad

Este estándar inalámbrico puede llegar velocidades de hasta 1.3 Gbps (si se implementan con Three-Stream) aunque típicamente llegan a valores de 800 Mbps. Con esta nueva tecnología podríamos ver equipos hasta con 8 antenas

1.1.1.3. Ancho de canal

Se usará un ancho de canal de 80 MHz por cada Stream, esto es el doble que el actual 802.11N. Se utilizará una modulación 256-QAM para incrementar la eficiencia en la transferencia de datos. Gracias a esta eficiencia en la transferencia, los equipos que usen 802.11ac consumirán menos batería.

1.2. Objetivos y enfoque

Desde el punto de vista de un ingeniero de telecomunicación, en cualquier sistema de telecomunicación es necesario tener una exhaustiva caracterización del medio de transmisión, ya que de lo contrario, en muchos casos, sería imposible garantizar una determinada calidad de servicio al usuario.

Este Proyecto Fin de Carrera se centrará en el estudio de las pérdidas de propagación del espectro radioeléctrico comprendido entre 5.4 y 5.7 GHz, en distintos escenarios del interior de edificios con el objetivo de aportar más datos del canal. En concreto, se caracterizará en forma gráfica y matemática las pérdidas de propagación que sufren las señales electromagnéticas que trabajan en la banda de frecuencia de 5.4 - 5.7 GHz en diferentes entornos a distancias comprendidas entre 1 metro y 52 metros, con unas antenas con ganancias medias y altas (8 dB- 19 dB) de carácter comercial (son fáciles de adquirir), con polarizaciones vertical y horizontal. Adicionalmente se estudiarán las pérdidas de inserción de elementos presentes en interiores como pueden ser paredes, puertas, columnas y ventanas.

Para ello, hemos analizado una gran cantidad de medidas de campo que nos han permitido definir las pérdidas de propagación en toda la banda, previamente definida, con aproximaciones matemáticas usando representación logarítmica o lineal según la que mejor se ajuste a nuestro caso concreto. Se han simulado las condiciones más parecidas a la instalación real de una microcelda en los siguientes escenarios⁵:

- Obstáculos en la línea de visión directa
 - Paredes
 - Puertas
 - Columnas
 - Cristales
- Pasillo de 5.6 metros de ancho con columnas en los laterales
- Pasillo de 7.2 metros de ancho con columnas en los laterales
- Pasillo semicerrado de 1.75 metros
- Pasillo semicerrado de 1.75 metros con taquillas metálicas en uno de sus lados
- Pasillo cerrado de 1.2 metros

⁵Situados en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid

- Pasillo cerrado de anchura variable, de 3.5 metros a 2 metros
- Pasillo abierto de 10 metros de largo con columnas en los laterales a 2 metros

1.3. Metodología y plan de trabajo

Con el fin de cumplir los objetivos del Proyecto Fin de Carrera se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

- **Escenarios a estudiar:** se han seleccionado los escenarios más representativos, que poseen unas características muy atractivas para su estudio y que pueden encontrarse en cualquier edificio. Este paso tiene relativa importancia para no estudiar información redundante que no aportaría ninguna novedad.
- **Adquisición de medidas:** se han tomado todas las medidas de campo necesarias para su posterior análisis en los diferentes escenarios y con las diferentes combinaciones de una de las antenas. Este paso es crítico ya que todo el estudio depende de ello y por lo tanto, se ha realizado con el mayor cuidado y precisión posible.
- **Análisis de datos:** con las medidas recogidas se ha realizado un análisis para poder realizar la caracterización gráfica y comprobar si los datos estaban bien tomados o no. Una vez que se comprobó que los datos eran correctos se caracterizó matemáticamente obteniendo una ecuación en función de la distancia para todos los escenarios y combinaciones de la antena.
- **Escritura y publicaciones:** La escritura se ha llevado a cabo a lo largo de todo el proyecto, condensando la mayor carga al terminar el análisis de datos. También se ha enviado una publicación con algunos resultados significativos de este proyecto.

1.4. Organización de la memoria

La memoria está dividida en seis capítulos. El primer capítulo trata sobre una introducción al tema central del proyecto, los objetivos del mismo y una breve explicación de como se ha desarrollado. En el segundo capítulo se presenta de un modo general las pérdidas de propagación y los modelos más usados. También se muestran los cálculos teóricos para la banda de frecuencias que se ha estudiado. En el tercer capítulo se desarrolla la teoría general sobre las antenas y las herramientas que se han utilizado en este proyecto. El cuarto capítulo hace referencia al trabajo que se ha realizado antes del comienzo de la campaña de medidas. También se explica la metodología que se ha seguido para la recopilación de los datos y una explicación de la representación de los resultados. En el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos en la campaña de medidas y los escenarios estudiados, así como el modelo de propagación que se ajusta más. Por último, en el sexto capítulo se recogen las conclusiones alcanzadas con este trabajo y algunas propuestas de trabajo futuro y continuación a este proyecto. Los anexos recogen la publicación realizada y el presupuesto con los costes de la realización de este proyecto. Finalmente se han recopilado datos en un CD para desarrollar posibles publicaciones en base al trabajo desarrollado en este proyecto.

2

Estado del arte

2.1. Pérdidas de propagación

El modelo de propagación en espacio libre es el modelo más básico de propagación de ondas de radio que podemos emplear. En este modelo, las ondas de radio provienen de una fuente puntual, viajando en todas direcciones en línea recta, llenando todo el volumen espacial esférico de energía de ondas de radio que disminuye en orden de $1/(d)^2$ (o 20 dB por década de aumento de la distancia) [2].

La propagación en el mundo real rara vez sigue este modelo tan simple. Los tres mecanismos básicos de la propagación de radio se atribuyen a la reflexión (Figura 2.1), la difracción (Figura 2.2) y dispersión (Figura 2.3). Estos fenómenos causan distorsiones en la señal y generan pérdidas adicionales en la propagación de la señal. En exteriores, con unidades móviles, cambios en distancias muy pequeñas pueden dar lugar a fuertes fluctuaciones de la señal, debido a que al estar formada por múltiples componentes provenientes del multitrayecto, todas estas componentes pueden verse alteradas y provocar un cambio sustancial en la señal recibida. Estas variaciones de señal pueden alcanzar valores de 30 dB - 40 dB en los rangos de frecuencia útiles para las comunicaciones móviles, siempre y cuando no exista un rayo directo, y explican en parte la dificultad que presenta diseñar sistemas fiables para comunicaciones por radio.

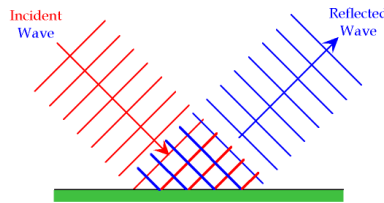


Figura 2.1: Representación gráfica del fenómeno de reflexión

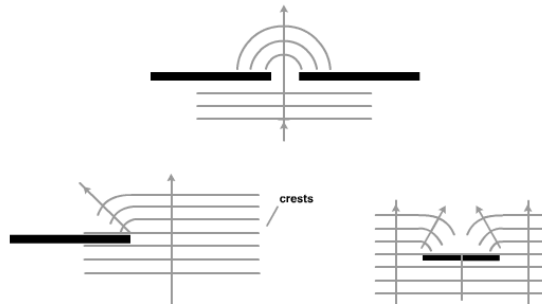


Figura 2.2: Representación gráfica del fenómeno de difracción

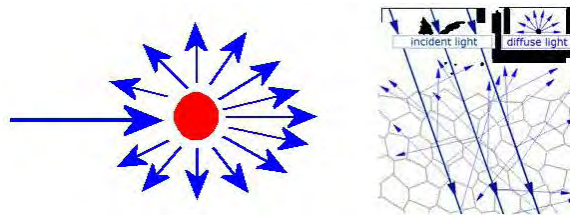


Figura 2.3: Representación gráfica del fenómeno de dispersión

En interiores estos efectos se ven acentuados. Es muy difícil diseñar un edificio que esté libre de reflexiones multitrayecto, difracción alrededor de las esquinas o dispersión de las paredes, techo o suelos. Por lo tanto, en interiores, el modelo de espacio libre no sirve como modelo de referencia ya

que entran en juego numerosas variables que provocan un cambio significativo en el comportamiento de las pérdidas de propagación.

2.2. Modelos de propagación

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado. Generalmente los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos (también llamados estadísticos), teóricos (también llamados determinísticos) o una combinación de estos dos. Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio.

En los modelos empíricos, todas las influencias ambientales se tienen en cuenta implícitamente, sin importar que ellas puedan identificarse por separado. Esta es la principal ventaja de estos modelos. Por otro lado, la precisión de estos modelos no sólo depende de la exactitud de las mediciones, sino también de las similitudes entre el ambiente para ser analizado y el ambiente dónde las mediciones se llevan a cabo. La eficiencia computacional de estos modelos es generalmente satisfactoria. Los modelos determinísticos están basados en los principios de la física y, debido a eso, pueden aplicarse a ambientes diferentes sin afectar la exactitud. En la práctica, su implementación requiere normalmente una base de datos grande de características ambientales que a veces son imposibles de obtener. Los algoritmos usados por los modelos determinísticos normalmente son muy complejos y carecen de eficiencia computacional. Por tal razón, la aplicación de los modelos determinísticos, normalmente se restringe a áreas más pequeñas o interiores. No obstante, si los modelos determinísticos son implementados correctamente, puede esperarse mayor exactitud de la predicción que en el caso de los modelos empíricos.

2.2.1. Modelo de pendiente única (One-step model)

Es el modelo de propagación más simple que presenta una dependencia lineal entre la pérdida de propagación y la distancia. Es un método muy fácil de usar y de implementar y las pérdidas vienen dadas por [3]:

$$P_r(dBm) = P_t(dBm) + G_{TX}(dB) + G_{RX}(dB) - L(dB) - 10n \times \log_{10}(d) \quad (2.1)$$

donde P_r es la media de la potencia recibida (dBm), P_t la potencia transmitida (dBm), G_{TX} y G_{RX} son las ganancias de las antenas emisora y receptora respectivamente, L las pérdidas parásitas (dB), d la separación entre el transmisor y el receptor (m) y n el índice de atenuación de la señal. Para simplificar la Ecuación 2.1 podemos reescribirla como puede verse en la Ecuación 2.2 donde L_o son las pérdidas a la distancia de referencia, n es el índice de propagación y d es la distancia T-R¹.

$$L_p(dB) = L_o + 10n \times \log_{10}(d) \quad (2.2)$$

En la Tabla 2.1 se muestran algunos escenarios y sus índices asociados.

¹Transmisor - Receptor

f (GHz)	L ₀ (dB)	n (-)	comment
1.8	33.3	4.0	office
1.8	37.5	2.0	open space
1.8	39.2	1.4	corridor
1.9	38.0	3.5	office building
1.9	38.0	2.0	passage
1.9	38.0	1.3	corridor
2.45	40.2	4.2	office building
2.45	40.2	1.2	corridor
2.45	40.0	3.5	office building
2.5	40.0	3.7	office building
5.0	46.4	3.5	office building
5.25	46.8	4.6	office building

Tabla 2.1: Índices de propagación para el modelo de pendiente única.

2.2.2. Modelo de doble pendiente

Es un modelo de propagación muy similar al anterior, con la única salvedad de que el camino para el cual se van a calcular las pérdidas de propagación se divide en 2 partes, la primera hasta una distancia d , y la segunda después de ella. Se puede definir como:

$$L_p(dB) = \begin{cases} L_{o1} + 10n_1 \times \log_{10}(d); & \text{si } d \leq d_1. \\ L_{o2} + 10n_2 \times \log_{10}(d/d_1); & \text{si } d_1 < d \leq d_{max}. \end{cases} \quad (2.3)$$

donde L_{on} son las pérdidas a la distancia de referencia, n es el índice de propagación, d_1 es la distancia de corte, y d es la distancia T-R².

Este modelo es el que se utilizará en este proyecto, con la única salvedad de que en vez de pérdidas, se representará la ganancia de propagación, y por tanto los valores serán negativos en vez de positivos como serían en caso de representar las pérdidas de propagación.

2.2.3. Modelo multipared (Multi-wall model)

Este es el modelo empírico mas complicado. Todas las paredes que atraviesa el rayo directo T-R son consideradas y entran en juego los materiales con los que están hechas cada una de ellas. Las pérdidas introducidas por el número de plantas que se atraviesan en la comunicación no es una función lineal y viene dada por un factor b :

$$L(dB) = L_{fs} + L_c + \sum_{i=1}^I K_{wi} \times L_{wi} + L_f \times k_f^{\frac{k_f+2}{k_f+1}-b} \quad (2.4)$$

donde L_{fs} son las pérdidas por espacio libre T-R, L_c es una constante de pérdidas, K_{wi} es el número de paredes que se atraviesan, K_f es el número de plantas distantes, L_{wi} es la pérdida de

²Transmisor - Receptor

la pared tipo i, L_f es la pérdida entre plantas consecutivas, b es un parámetro empírico e I es el número de tipos de paredes.

2.2.4. Modelo de atenuación lineal (Linear attenuation model)

Es un modelo que asume que el exceso de pérdida depende linealmente con la distancia y se expresa:

$$L(dB) = L_{fs} + \alpha \times d \quad (2.5)$$

donde L_{fs} son las pérdidas por espacio libre T-R, α es el coeficiente de atenuación dado en $(\frac{dB}{m})$ y d es la distancia T-R.

2.3. Pérdidas en espacio libre. Cálculo teórico

A lo largo de este trabajo se emplearan las pérdidas en espacio libre como referencia y para poder ver de manera directa el efecto de cada escenario sobre las medidas.

$$L_p(dB) = 20 \times \log_{10} \left(\frac{4 \times \pi \times d}{\lambda} \right) \quad (2.6)$$

Aplicando la Ecuación 2.6 se obtienen las pérdidas de propagación para la banda de frecuencia que estamos estudiando en este trabajo, tomando 4 frecuencias intermedias, para distancias T-R de hasta 20 metros. Estas pérdidas han sido representadas en la Figura 2.4).

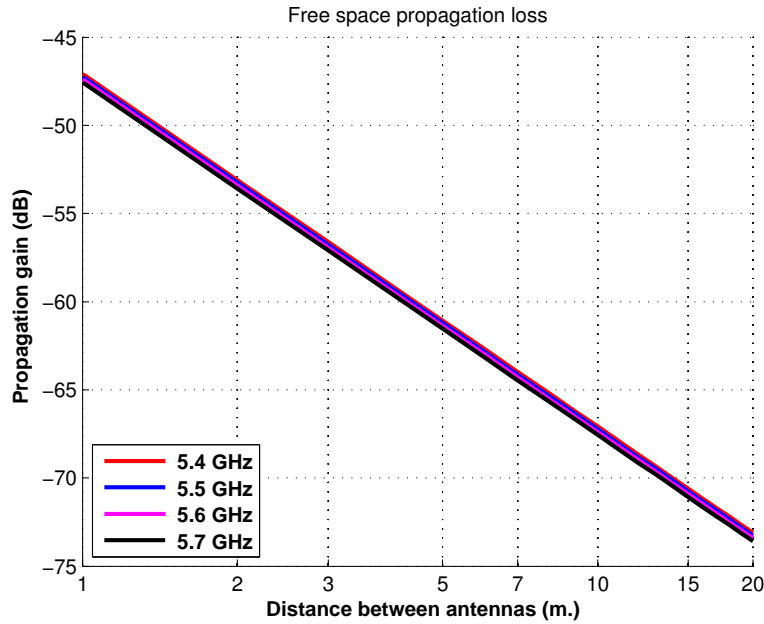


Figura 2.4: Pérdidas de propagación en espacio libre

2.4. El problema del multitrayecto

Las ondas electromagnéticas se propagan de acuerdo con numerosos mecanismos físicos: propagación en espacio libre o propagación LOS³, reflexión, transmisión, difracción, dispersión y guía de onda. Esto da como resultado que, teniendo un transmisor y un receptor puntuales, la onda transmitida no recorra un solo camino, sino que esta puede viajar por varios caminos distintos simultáneamente (Figura 2.5), produciendo:

- Una desviación, en cuanto a pérdidas, de la trayectoria principal que es la que se parece a las pérdidas en espacio libre.
- Una modificación de la fase de las diferentes señales recibidas.
- Una diferencia temporal en la propagación, llamada retraso de propagación. Este efecto provoca interferencias en la recepción ya que se superponen varios flujos de datos.

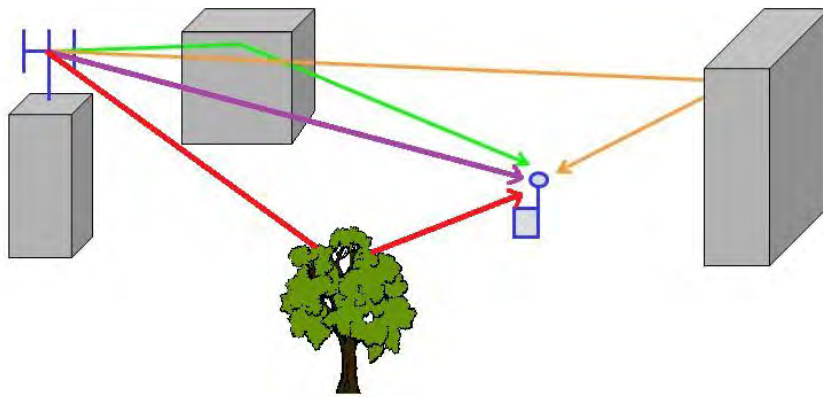


Figura 2.5: Efecto multitrayecto con visión directa (LOS)

En los casos en los que los radioenlaces sean LOS (Figura 2.5), las reflexiones en paredes, techo y suelo son los efectos que mas van a afectar en las medidas. Sin embargo en los escenarios que no hay visión directa entre antenas (NLOS⁴), la difracción y la dispersión serán los efectos mas importantes (Figura 2.6).

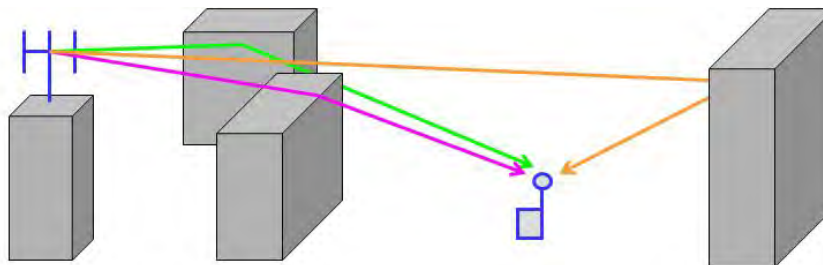


Figura 2.6: Efecto multitrayecto sin visión directa (NLOS)

³Line Of Sight (línea de visión directa)

⁴Non Line Of Sight (no hay línea de visión directa)

2.5. Ancho de banda coherente (Coherence bandwidth)

El ancho de banda coherente se puede definir como el ancho de banda donde las señales tiene un comportamiento aproximadamente constante, por lo que dentro de esta banda las medidas son prácticamente idénticas. Esta banda se puede calcular como:

$$W_c \approx \frac{2 \times \pi}{D} \text{ (rad/s)} = \frac{1}{D} \text{ (Hz)} \quad (2.7)$$

Donde D es una medida del retraso en la propagación de las señales en el escenario, por lo que en cada escenario este ancho de banda coherente varia. En la Figura 2.7 se puede ver la potencia recibida en función del tiempo en un escenario con las antenas menos directivas, lo que representa el peor caso posible.

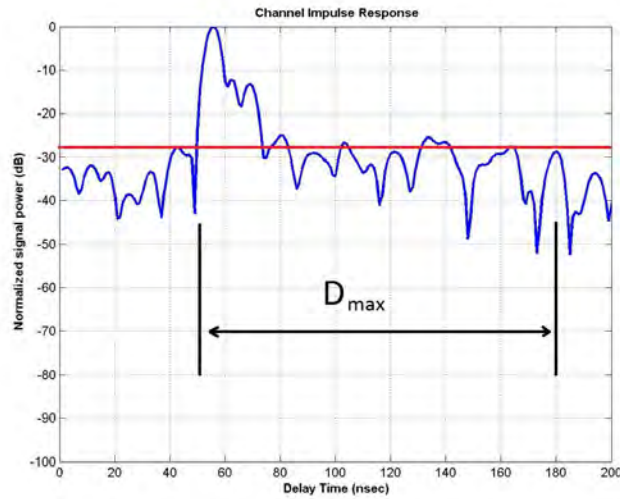


Figura 2.7: Potencia recibida en función del tiempo

Se puede ver que un valor razonable para este parámetro es:

$$D \approx 130 \text{ nsec} \quad (2.8)$$

Por lo que el ancho de banda coherente tiene un valor en torno a 7.5 MHz.

Teniendo en cuenta que según la definición anterior en alrededor de 7.5 MHz el comportamiento de las señales es prácticamente constante, se entiende razonable que se tomen datos con una separación maxima de 7.5 MHz. Por este motivo en la fase de adquisición de datos se han tomado 1001 puntos en la banda de 5 GHz a 6 GHz, teniendo así al menos 6 - 7 puntos dentro de la banda coherente.

2.6. Trabajos anteriores en este campo

El estudio de propagación en interiores es de vital importancia, es por esto que hay numerosos trabajos al respecto. Primero se desarrollan modelos teóricos de propagación en interiores [4] y [5].

En [6] se representan las pérdidas de propagación en interiores en la banda de 2.4 GHz en escenarios como pasillos y clases. Los resultados muestran que la desviación de la media de las pérdidas de propagación pueden aproximarse por una distribución Gaussiana.

En [7] se han medido las pérdidas de propagación en diferentes bandas de frecuencia (1 GHz, 2.4 GHz and 5.8 GHz) dentro de un túnel de sección transversal arqueada. Los resultados muestran que el desvanecimiento podría ser representado por una distribución de Rayleigh. Las antenas usadas eran bocinas de banda ancha con una ganancia de 9,2 dBi a 2,4 GHz y 10,1 dBi en 5,8 GHz.

En [8] se presentan las pérdidas de propagación en tuneles estrechos, en las bandas de 374 MHz, 915 MHz, y 2400 MHz. Se estudian escenarios sin obstáculos en la línea de visión, con obstáculos y escenarios sin línea de visión directa.

En [9] se comparan diferentes modelos de propagación para la predicción de la cobertura de WiMAX a 3.5 GHz con datos experimentales. Los resultados obtenidos para los diferentes entornos urbanos y de interior muestran que los modelos estadísticos están bastante lejos de un buen ajuste con los datos experimentales.

En [10] se ha investigado la propagación en una mina bajo tierra en la banda de 2.4 GHz. También representan los retrasos en la propagación de la señal.

3

Teoría relacionada

3.1. Redes inalámbricas

3.1.1. Introducción

Hoy en día es clara la alta dependencia en las actividades empresariales e institucionales de la redes de comunicación. Pero cada vez mas se imponen en el mercado los dispositivos inalámbricos que permiten mayor movilidad y comodidad. Así mismo la red puede ser más extensa y dinámica sin tener que mover o instalar cables. Respecto a la red tradicional la red inalámbrica ofrece ventajas, como:

- **Movilidad:** Información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa para todo usuario de la red. El que se obtenga en tiempo real supone mayor productividad y mejora del servicio.
- **Facilidad de instalación:** Evita obras para tirar cable por muros y techos.
- **Flexibilidad:** Permite llegar donde el cable no puede o tendría costes muy elevados.
- **Reducción de costos:** Cuando se dan cambios frecuentes o el entorno es muy dinámico el coste de la red sin cable es significativamente más bajo, además de tener mayor tiempo de vida y menor gasto de instalación.
- **Escalabilidad:** El cambio de topología de red es sencillo y trata igual pequeñas y grandes redes.
- **Adaptabilidad:** Con la salida al mercado de nuevos dispositivos de manera casi constante es muy importante tener una red que sea capaz de adaptarse a todos los nuevos dispositivos disponibles.

WLAN son las siglas en inglés de Wireless Local Area Network. Es un sistema de comunicación de datos flexible muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableada o como una extensión de ésta. Utiliza tecnología de radio frecuencia que posee todas las características expuestas anteriormente.

Las redes locales inalámbricas, (WLANs) han sido utilizadas tanto en la industria y la oficina como en centros de investigación desde hace más de 15 años. Se viene produciendo estos últimos años un crecimiento explosivo en este mercado (de hasta un 100 % anual). Debido a distintas razones:

- El desarrollo del mercado de los laptops, los tablets, y en general de sistemas y equipos de informática portátiles hacen posible que sus usuarios puedan estar en continuo movimiento, al mismo tiempo que están en contacto con los servidores y con los otros ordenadores de la red, es decir, la WLAN permite movilidad y acceso simultáneo a la red.
- La conclusión de la norma IEEE 802.11 para redes locales inalámbricas, que introduce varios factores positivos:
 - *Interoperatividad.* Esta norma aporta una plataforma estable para el desarrollo de nuevos productos, con la consiguiente confianza que este hecho genera en los usuarios. Esto posibilitará a su vez el que soluciones de distintos fabricantes puedan trabajar conjuntamente.
 - *Costos.* Lógicamente, se producirá también una notable reducción en los precios de este tipo de productos, en primer lugar porque una vez aprobado el estándar son más

los fabricantes que desarrollen sus propias soluciones inalámbricas, y además porque esto va a suponer un empuje definitivo para el mercado masivo de componentes, con el consiguiente abaratamiento de los mismos.

- Finalmente, los grandes avances que se han logrado en tecnologías inalámbricas de interconexión y los que se tiene previsto alcanzar en proyectos varios, como la implantación de WiMAX o el desarrollo del estándar que nos interesa en este trabajo, el estándar 802.11ac, conocida también como quinta generación.

3.2. Teoría de antenas

3.2.1. Introducción

En una campaña de medidas los dispositivos utilizados durante la misma son elementos críticos y por lo tanto es necesario tener un apropiado conocimiento de los mismos. En nuestro caso las antenas usadas afectan directamente a las medidas realizadas y se ha de hacer un estudio detallado de las mismas para no contaminar las muestras tomadas.

Las antenas son las partes de los sistemas de telecomunicación específicamente diseñadas para radiar o recibir ondas electromagnéticas. También se pueden definir como los dispositivos que adaptan las ondas guiadas, que se transmiten por conductores o guías (en nuestro caso los cables coaxiales), a las ondas que se propagan en el espacio libre. Los sistemas de comunicaciones utilizan antenas para realizar enlaces punto a punto, como en este proyecto, difundir señales de televisión o radio, o bien transmitir o recibir señales en equipos portátiles.

3.2.2. Diagrama de radiación

El diagrama de radiación de una antena se define como la representación gráfica de las características de radiación en función de la dirección angular [12].

Las Figuras 3.1 y 3.2 muestran dos diagramas de radiación de dos antenas con comportamientos distintos ya que puede verse que la primera es mucho mas directiva que la segunda.

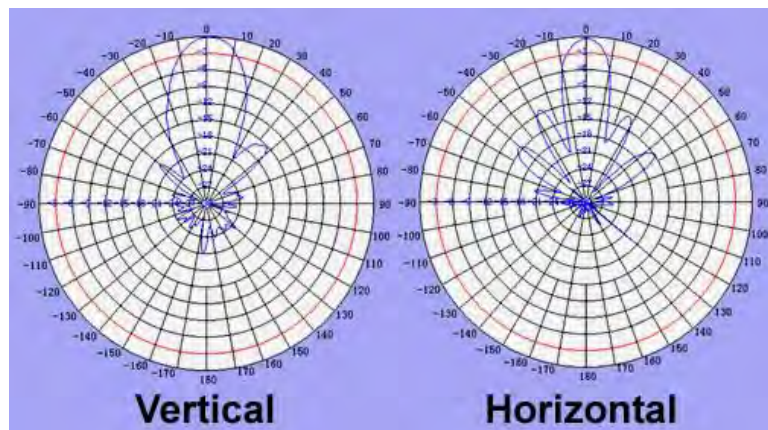


Figura 3.1: Diagrama de radiación de una antena muy directiva, HG5419P

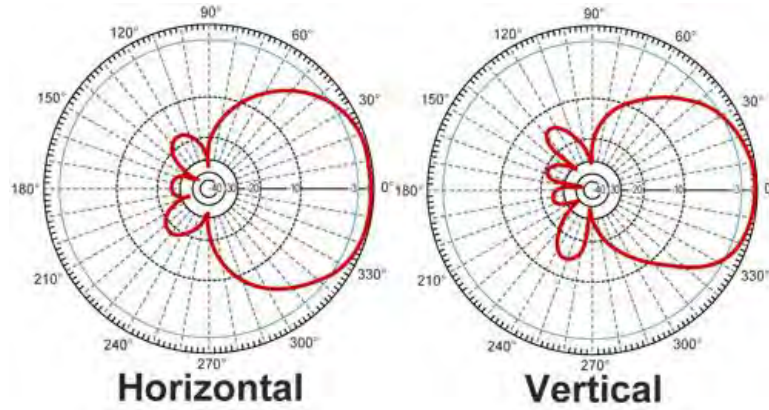


Figura 3.2: Diagrama de radiación de una antena menos directiva, HG5158P

3.2.3. Campo cercano y lejano

En una antena, la potencia radiada está formada por una parte real y una imaginaria. La parte real es la llamada potencia radiactiva, la cual puede ser transferida a un medio y por lo tanto es la que se puede utilizar. La parte imaginaria es la potencia reactiva y esta no puede ser transferida a un medio, esta permanece oscilando entre los campos. La potencia reactiva y radiactiva se presentan en diferentes proporciones dependiendo de la distancia donde se midan a partir de la antena, por eso se han definido las siguientes regiones de campo [11]:

- Campo cercano.

- * **Campo cercano reactivo.** Es aquella inmediatamente cercana a la antena. Esta región está definida por la Ecuación 3.1, siendo D el diámetro de la antena y R la distancia desde el punto de radiación hasta el punto de medición.

$$R (cm) \leq 0,62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (3.1)$$

- * **Campo cercano radiante o región de *Fresnel*.** Se encuentra limitada entre la región de campo cercano reactivo y la de campo lejano.

- **Campo lejano o región *Fraunhofer*.** Es la región limitada por la Ecuación 3.2, donde la potencia radiada está constituida en su mayoría por potencia radiactiva.

$$R (cm) \geq \frac{2 \times D^2}{\lambda} \quad (3.2)$$

3.2.4. Densidad de potencia radiada

La potencia de una onda electromagnética puede definirse mediante el vector de Poynting, el cual apunta hacia la dirección de propagación de la onda [12]. La potencia contenida en un área se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = \oint_S \mathbf{W} \cdot d\mathbf{s} = \oint_S \mathbf{W} \cdot \hat{n} da \quad (3.3)$$

donde P es la potencia instantánea en W , que es el vector de Poynting, \hat{n} es el vector normal a la superficie y da es el área infinitesimal de la superficie cerrada en m^2 .

3.2.5. Directividad

La directividad es posiblemente el parámetro de mayor importancia a la hora de analizar un patrón de radiación de una antena ya que es una medida de sus propiedades direccionales o de su capacidad de concentrar la potencia radiada en distintas direcciones. La directividad se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia, y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena a igualdad de potencia total radiada isotrópica [12], y viene dada por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4 \times \pi \times U}{P_{rad}} \quad (3.4)$$

Cuanto más alta sea la directividad, el haz de radiación será más afilado, como ya se puede ver en las Figuras 3.1 y 3.2.

3.2.6. Ganancia

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena [12]. La ganancia viene dada por la siguiente ecuación:

$$G = 4 \times \pi \frac{I_{rad}}{P_{ent}} \quad (3.5)$$

donde I_{rad} es la intensidad de radiación y P_{ent} es la potencia total de entrada.

3.2.7. Eficiencia

La eficiencia de una antena sirve para determinar las pérdidas presentes en la entrada de un circuito cualquiera. Para una antena la eficiencia total esta determinada por [12]:

$$e_0 = e_r e_c e_d \quad (3.6)$$

donde e_r es la eficiencia de reflexión de una antena debida a desacoplamientos de impedancia entre la antena y la guía de transmisión. Por otra parte tenemos que $\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$ esta relacionado con e_r por $e_r = 1 - |\Gamma|^2$; e_c es la eficiencia de conductor asociada con las pérdidas por efecto Joule, es decir, con potencia que es transferida al medio; y e_d es la eficiencia del dieléctrico asociada con las pérdidas del dieléctrico con el cual se está trabajando.

3.2.8. Ancho de banda

El ancho de banda es un valor subjetivo, limitado por las características buscadas en el funcionamiento de la antena. El ancho de banda puede describirse como el rango de frecuencias dentro del cual, con respecto a alguna característica (impedancia, polarización, ganancia ...), el desempeño de la antena se ajusta a un estándar especificado [12].

3.3. Distribuciones de probabilidad

3.3.1. Normal o Gaussiana

La distribución Normal o distribución Gaussiana es una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en fenómenos reales. por lo que es una de las distribuciones mas usadas.

La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada (Figura 3.3) y es simétrica respecto de su media (parámetro μ). Esta curva se conoce como campana de Gauss. En la Figura 3.4 se muestran sus correspondientes distribuciones de probabilidad o CDF (Cumulative distribution function).

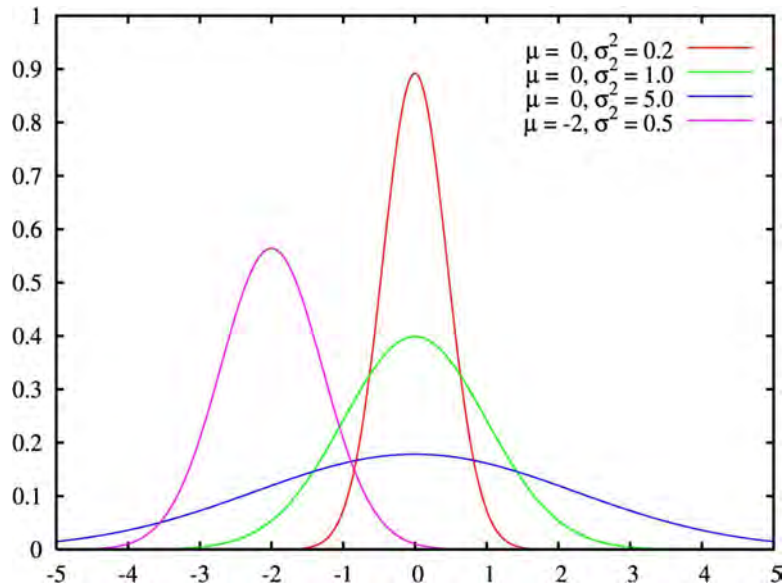


Figura 3.3: Funciones de densidad de probabilidad normal variando parámetros μ y σ

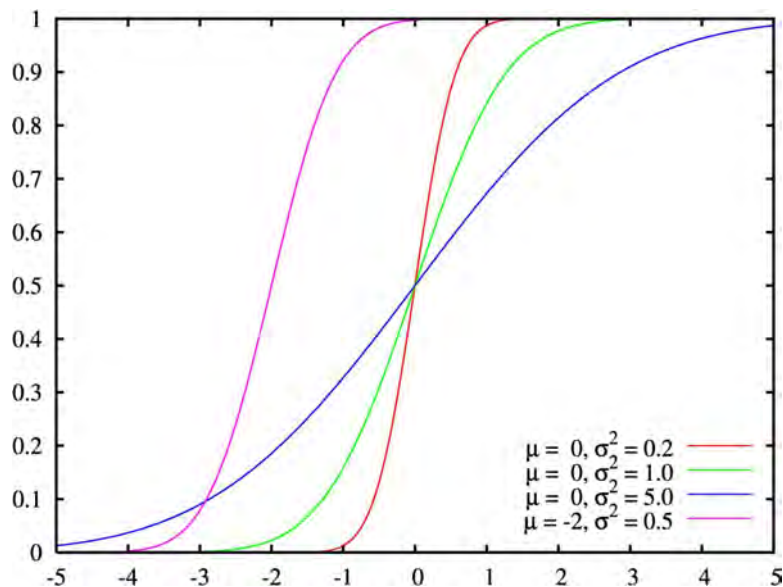


Figura 3.4: Funciones de distribuciones de probabilidad normal variando parámetros μ y σ

La función densidad de probabilidad viene dado por la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{norm}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma_{norm}}\right)^2} \quad (3.7)$$

donde μ es la media y σ_{norm} es la desviación típica.

En nuestro caso, las medidas seguirían una distribución Normal en caso de que no existiera multitrayecto (o que este efecto fuese muy pequeño e insignificante) [13].

3.3.2. Rayleigh

La distribución Rayleigh es un caso especial de la distribución Weibull. Se dice que una variable aleatoria tiene una distribución de Rayleigh si su densidad de probabilidad (ver Figura 3.5) viene dada por:

$$f(x; \sigma_{Ray}) = \frac{x}{\sigma_{Ray}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_{Ray}^2}} \quad (3.8)$$

donde σ_{Ray} se puede estimar por *máxima verosimilitud* de la siguiente manera:

$$\sigma_{Ray} \approx \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=0}^N x_i^2} \quad (3.9)$$

En nuestro caso x ha de ser tratada como potencia, es decir:

$$x_{potencia} = 10 \frac{x_{medidas}}{10} \quad (3.10)$$

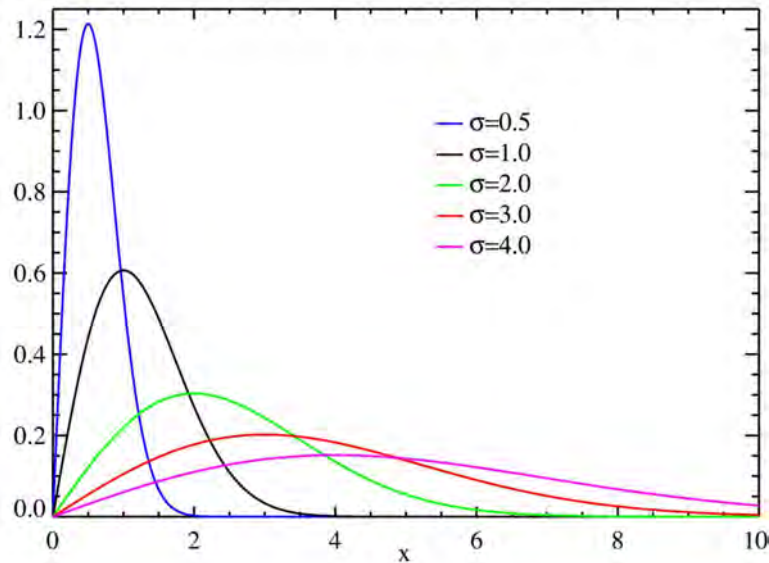


Figura 3.5: Funciones de densidad de probabilidad Rayleigh variando el parámetro σ

Esta distribución se pone de manifiesto cuando existe multitrayecto. Cuando las señales alcanzan el receptor, la señal total recibida es una combinación de todas las señales que han alcanzado el receptor a través de los diferentes caminos posibles. Al ser una combinación de todas estas señales, la fase se convierte en un factor importante dado que hará variar la amplitud de la señal. Si todas están en fase, todas sumarán, pero esto no es lo que ocurre en la práctica, si no que algunas estarán en fase y otras no, dependiendo de la longitud de los caminos recorridos, así mientras algunas sumarán, otras restarán. Normalmente el transmisor o el receptor están en movimiento por lo que los caminos cambiarán de longitud, así como el nivel de la señal variará [2].

3.3.3. Combinación de Rayleigh y Normal

En la práctica nos encontramos con que en la gran mayoría de los enlaces radioeléctricos se pueden caracterizar por una mezcla de una distribución Rayleigh y múltiples distribuciones Normales, cumpliendo la siguiente ecuación:

$$f(x) = P_{Rayleigh} \times f(x)_{Rayleigh} + \sum_{n=1}^N P_{n,Normal} \times f(x)_{n,Normal} \quad (3.11)$$

donde P es la contribución de cada distribución y $f(x)$ es la propia distribución. Se ha de cumplir que:

$$P_{Rayleigh} + \sum_{n=1}^N P_{n,Normal} = 1 \quad (3.12)$$

En este trabajo se usarán una distribución Rayleigh y dos distribuciones normales para generar una distribución que se ajuste a los datos obtenidos experimentalmente en cada caso. En la Figura 3.6 se pueden ver algunos ejemplos.

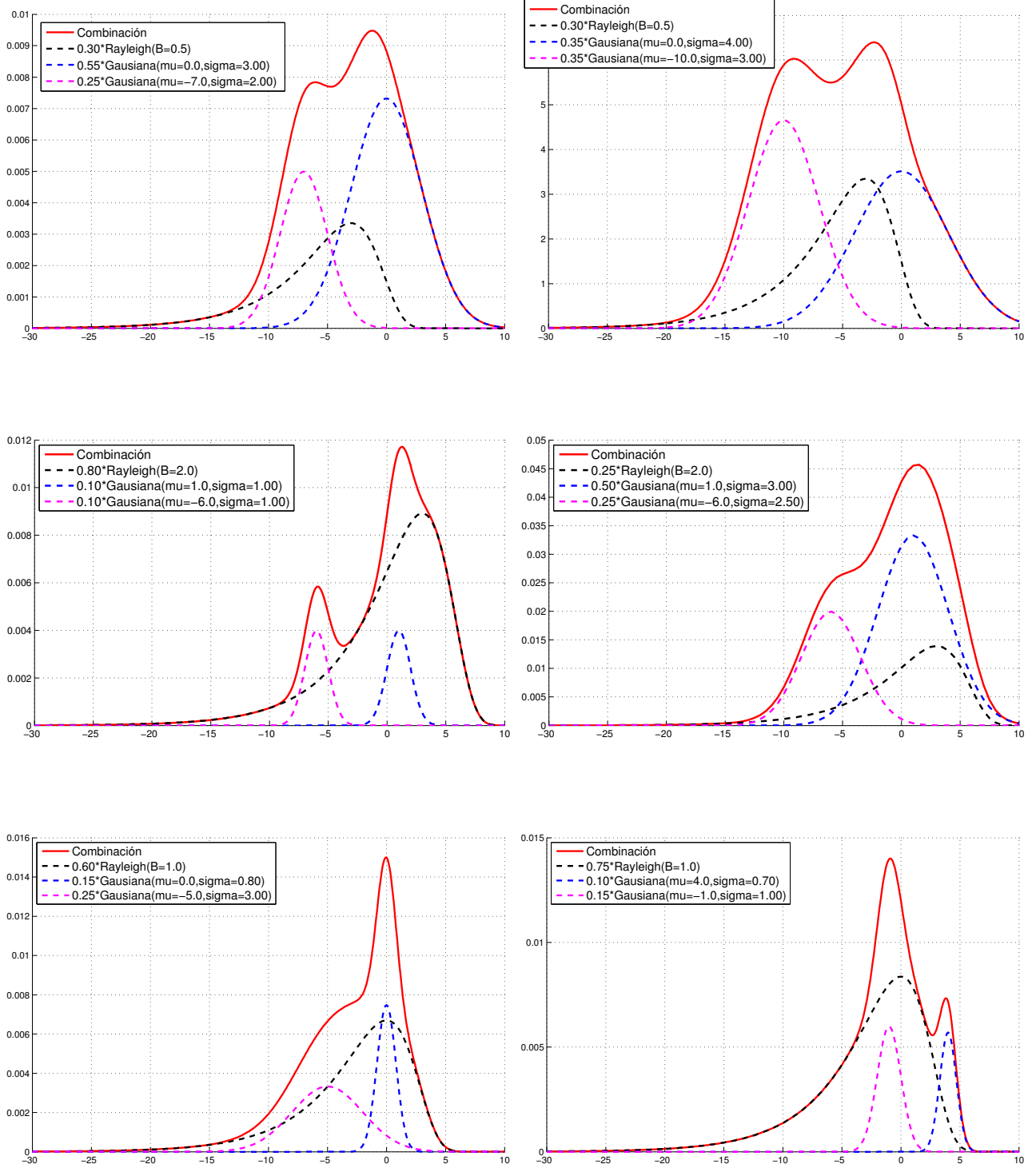


Figura 3.6: Distintos ejemplos de mezcla de distribuciones

3.4. Parámetros S

La mayor parte de los datos obtenidos en la campaña de medidas son las mediciones de los parámetros S del circuito analizado en cada punto del escenario. Estos parámetros S determinan el nivel de reflexión y transmisión en cada puerto de un circuito eléctrico.

En la Figura 3.7 podemos ver la representación de un circuito eléctrico de dos puertos como un cuadripolo o caja negra con dos puertos (cuatro terminales). El cuadripolo no contiene fuentes independientes y en ausencia de excitación no hay energía almacenada en su interior.

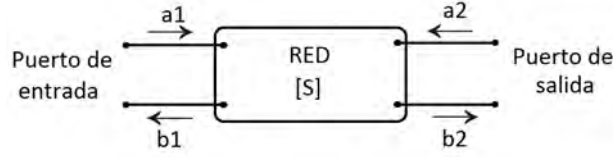


Figura 3.7: Cuadripolo.

La relación entre las ondas de potencia reflejada e incidente y la matriz de parámetros-S está dada por:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

Expandiendo las matrices en ecuaciones, tenemos:

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \quad (3.14)$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \quad (3.15)$$

Si consideramos una onda de potencia incidente en el puerto 1 (a_1) con un generador de (Z_0) de impedancia, pueden resultar ondas existentes tanto del puerto 1 (b_1) como del puerto 2 (b_2). El puerto 2 está terminado en una carga idéntica a la impedancia del sistema (Z_0), entonces, debido al teorema de transferencia de potencia máxima, b_2 será absorbida totalmente haciendo a_2 igual a cero. Por lo tanto:

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{V1-}{V1+} \quad (3.16)$$

$$S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{V2-}{V1+} \quad (3.17)$$

donde S_{11} (3.16) es el nivel de señal que se refleja en el puerto 1 por desadaptación de impedancias, cuando el puerto de salida está cargado con la impedancia característica de la línea; y S_{21} (3.17) es la transferencia de señal desde el puerto 1 hasta el puerto 2, cuando la salida se encuentra cargada.

Si consideramos una onda de potencia incidente en el puerto 2 (a_2) con un generador de (Z_0) de impedancia, pueden resultar ondas existentes tanto del puerto 2 (b_2) como del puerto 1 (b_1). El puerto 1 está terminado en una carga idéntica a la impedancia del sistema (Z_0), entonces, debido

al teorema de transferencia de potencia máxima, b_1 será absorbida totalmente haciendo a_1 igual a cero. Por lo tanto:

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{V_{2-}}{V_{2+}} \quad (3.18)$$

$$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{V_{1-}}{V_{2+}} \quad (3.19)$$

donde S_{22} (3.18) es el nivel de señal que se refleja en el puerto 2 por desadaptación de impedancias, cuando el puerto de entrada está cargado con la impedancia característica; y S_{12} (3.19) es la transferencia de señal desde el puerto 2 hasta el puerto 1, cuando la entrada se encuentra cargada.

3.5. Balance de un enlace radioeléctrico

Se llama balance de un enlace a la relación entre la potencia disponible en el receptor y la potencia entregada por el transmisor junto con las ganancias de las antenas y las pérdidas que puedan existir. Viene dado por la siguiente Ecuación [14]:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{AntRx} + G_{AntTx} - L_p - L_c \quad (3.20)$$

donde $P_{Rx}(dBm)$ es la potencia disponible en el receptor, $P_{Tx}(dBm)$ es la potencia entregada por el transmisor, $G_{AntRx}(dB)$ es la ganancia de la antena receptora, $G_{AntTx}(dB)$ es la ganancia de la antena transmisora, $L_p(dB)$ es la pérdida básica de propagación y $L_c(dB)$ es la pérdida que introducen los cables.

En nuestro caso, las ganancias de las antenas son conocidas, las pérdidas por los cables son obviadas porque el analizador de redes está calibrado al efecto, y la diferencia entre la potencia entregada y la recibida es una medición del analizador de redes. Luego para nuestro caso aplicamos la siguiente ecuación:

$$L_p = (P_{Tx} - P_{Rx}) + G_{AntTx} + G_{AntRx} \quad (3.21)$$

donde $P_{Tx} - P_{Rx}$ es el resultado de la medición con el analizador de redes, parámetro S_{21} .

4

Preparación de la campaña de medidas

En la primera fase del proyecto, se ha reunido el equipo necesario para la toma de medidas necesarias, se han seleccionado los escenarios donde realizar medidas, el modelo de representación, el tipo de gráficas a usar y el modelo de comparación de resultados.

En este capítulo también se tratarán algunos problemas ocasionados con la indisponibilidad de algún equipo o escenario en el espacio de tiempo de duración de este proyecto y con el ancho de banda de las antenas utilizadas.

4.1. Análisis del material disponible

4.1.1. Antenas

Las antenas utilizadas en este proyecto son antenas comerciales que pueden ser adquiridas en el mercado y que han sido diseñadas para trabajar en sistemas WiFi en frecuencias de trabajo en torno a 5 GHz - 6 GHz y que son adecuadas para el estudio que se quiere realizar en este trabajo.

4.1.1.1. Antena 1 y antena 2: hg5419P

Las especificaciones según el fabricante para esta antena son las siguientes:

- Banda de trabajo nominal: 5470 MHz - 5850 MHz.
- Ancho de haz: 16° tanto vertical como horizontal.
- Ganancia nominal: 19 dBi.

Para estas antenas se procedió a comprobar la ganancia creando un enlace de un metro en un escenario lo mas abierto posible para evitar en lo posible efectos de reflexiones y poder ver el comportamiento de la ganancia en función de la frecuencia de operación.

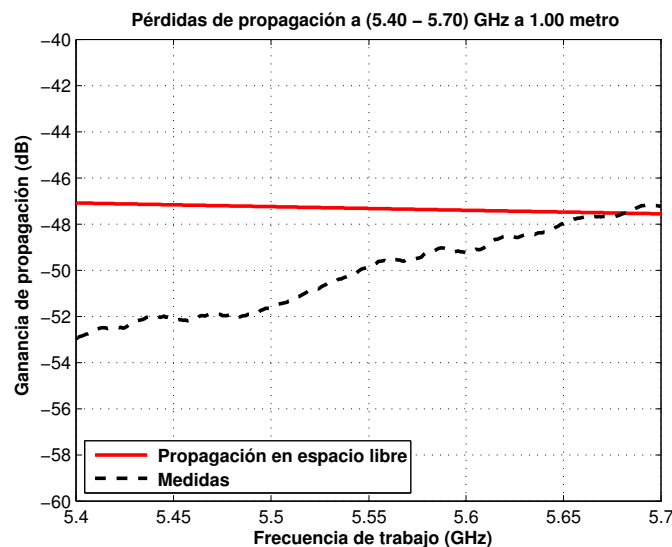


Figura 4.1: Pérdidas a 1 m. con las antenas 1 y 2 sin compensar la ganancia

En la Figura 4.1 se puede ver que la ganancia de las antenas no es constante a lo largo de la banda de operación, por lo que se ha procedido a ajustar la ganancia de estas antenas de la siguiente manera:

- $Ganancia (dBi) = 16 + \left(\frac{Frecuencia(GHz)}{10^9} - 5,57 \right) * 10$

De esta manera conseguimos que la ganancia de las antenas tengan un comportamiento mas constante en la banda estudiada, tal y como se muestra en la Figura 4.2

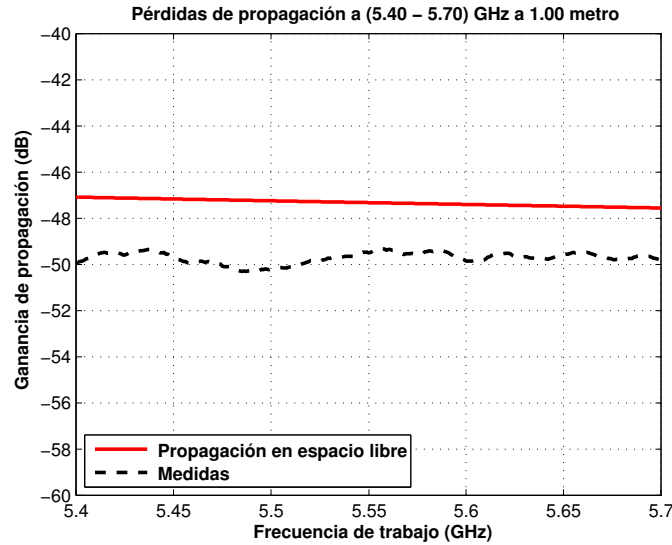


Figura 4.2: Pérdidas a 1 m. con las antenas 1 y 2 con la ganancia compensada

La reflexión que muestran estas dos antenas es inferior a -15 dB en la banda que vamos a estudiar, lo cual nos indica que su comportamiento en esta banda va a ser correcto. Como se aprecia en las Figuras 4.3 y 4.4, el comportamiento de ambas antenas es similar tal y como era de esperar. Sin embargo la antena 2 muestra una reflexión algo mas baja que la antena 1. Por este motivo se usa la antena 2 como la antena transmisora y la antena 1 como receptora.

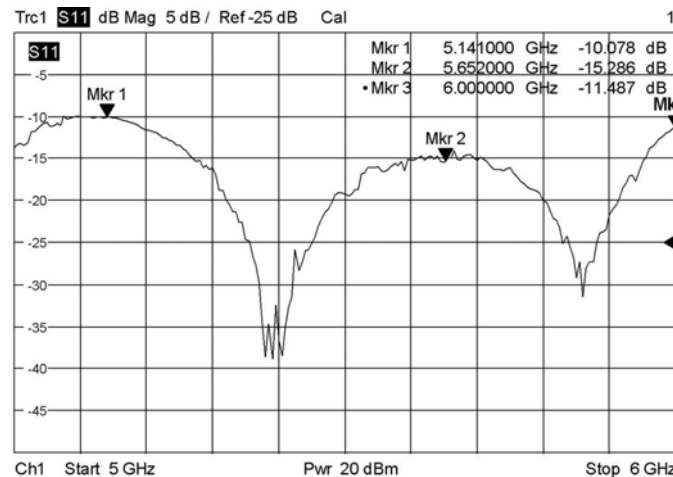


Figura 4.3: Medida de la reflexion S_{11} de la antena 1

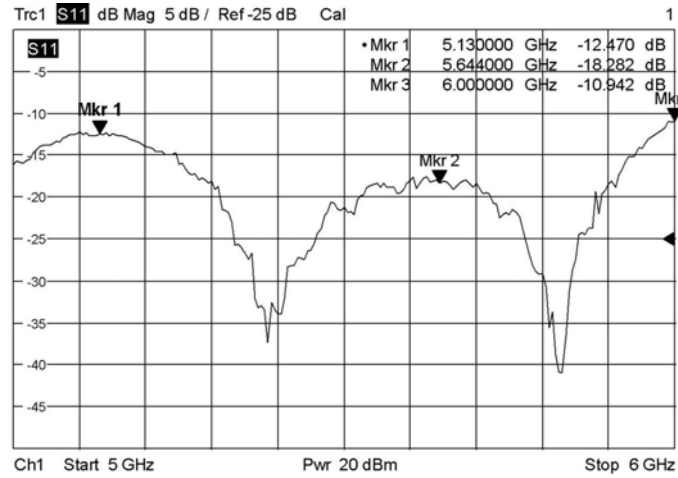


Figura 4.4: Medida de la reflexion S_{11} de la antena 2

4.1.1.2. Antena 3: hg5158P

Las especificaciones según el fabricante para esta antena son las siguientes:

- Banda de trabajo nominal: 5100 MHz - 5900 MHz.
- Ancho de haz horizontal: 75°
- Ancho de haz horizontal: 60°
- Ganancia nominal: 8 dBi.

La ganancia de esta antena tiene un comportamiento aproximadamente constante, por lo que no ha hecho falta compensarla. Así que para esta antena se ha tomado un valor constante para la ganancia:

- $Ganancia = 4 \text{ dBi}$

La reflexión que muestra esta antena, como puede verse en la Figura 4.5, es inferior a -10 dB por debajo de 5.7 GHz con lo que esta antena funciona correctamente por debajo de esta frecuencia.

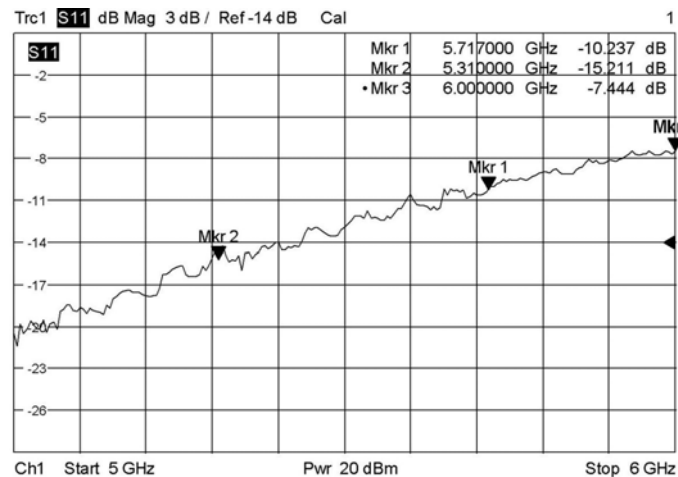


Figura 4.5: Medida de la reflexion S_{11} de la antena 3

4.1.1.3. Antena 4: hg5411P

Las especificaciones según el fabricante para esta antena son las siguientes:

- Banda de trabajo nominal: 5400 MHz - 5725 MHz.
- Ancho de haz horizontal: 30°
- Ancho de haz horizontal: 60°
- Ganancia nominal: 11 dBi.

Como en el caso de la antena 3, la ganancia de esta antena también tiene un comportamiento aproximadamente constante, por lo que no ha hecho falta compensarla. Así que para esta antena se ha tomado un valor constante para la ganancia:

- $Ganancia = 9,5 \text{ dBi}$

La reflexión que tiene esta antena, como puede verse en la Figura 4.6, es inferior a -10 dB por encima de 5.4 GHz con lo que esta antena funciona correctamente por encima de esta frecuencia.

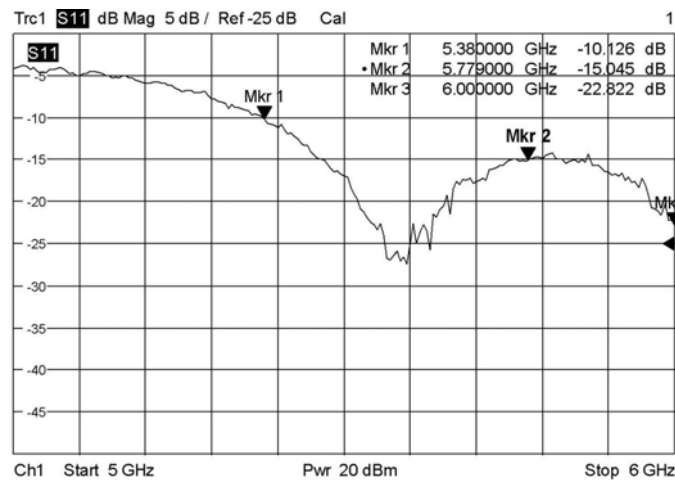


Figura 4.6: Medida de la reflexion S_{11} de la antena 4

4.1.2. Cableado

El cableado usado ha sido similar que el utilizado en el proyecto de Jose M^a Lalueza [15], cable de 20 metros para los escenarios largos, latiguillo de 4 metros para distancias cortas y latiguillo de 2.5 metros para el equipo transmisor, con conectores SMA y fabricado en la UAM.

Estos cables tienen una pérdida de $0.9 \frac{dB}{m.}$ en el rango de frecuencias (5.4 - 5.8) GHz, pero es algo que no se tiene en cuenta ya que al realizar la calibración, la pérdida introducida por el cable desaparece. En caso de que esta pérdida sea muy grande, el ruido invadiría el sistema y falsearía las medidas, pero es algo que en nuestro caso no ocurre.

4.1.3. Analizador de redes

4.1.3.1. Rohde & Schwarz ZVL

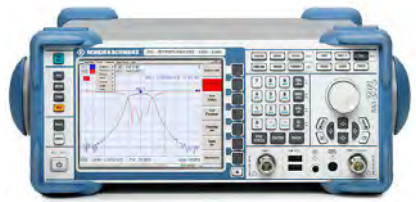


Figura 4.7: Analizador de redes Rohde & Schwarz ZVL

Para el análisis del enlace radioeléctrico, se ha usado un analizador de red *Rohde & Schwarz ZVL* disponible en la Universidad. Se ha usado como analizador de espectro para medir la reflexión de las antenas y como analizador de redes para medir las pérdidas del enlace radioeléctrico.

Para medir correctamente la reflexión de las antenas en primer lugar hay que realizar una calibración. El estándar de calibración usa tres dispositivos de prueba llamados OPEN (red abierta), SHORT (red en corto circuito), y THRU (red conectada), los cuales deben ser conectados a los puertos del analizador para que este pueda comparar y establecer la diferencia entre estos tres modos, estos datos son guardados en un registro y cada registro debe ser calibrado independientemente y en el momento en que se le haga una modificación a la red en estudio. Una vez calibrado de esta manera, se pueden conectar las antenas y medir de manera muy precisa la reflexión, parámetro S_{11} . Se ha trabajado con 1001 puntos en la banda de frecuencias (5 - 6) GHz, aunque después solo se representará la banda (5.4 - 5.7) GHz por lo que en esta banda tenemos un total de 301 puntos. La potencia del analizador de redes era la máxima que permitía, 20 dBm.

Para usarlo como analizador de redes se ha realizado una calibración de referencia con los cables que se iban a usar conectados directamente a los dos puertos. Esto elimina toda pérdida desde el analizador a la antena.

Este equipo nos permite guardar los datos de las mediciones a una memoria USB y poder trabajar con ellos para obtener la potencia de señal en cada punto.

4.1.3.2. Agilent E5071C

Para obtener la representación de la potencia en función del tiempo (Time Domain Analysis) es necesario usar un analizador que tenga la función transformada que permita hacer este análisis. En nuestro caso hemos usado el modelo E5071C de Agilent, propiedad del grupo.

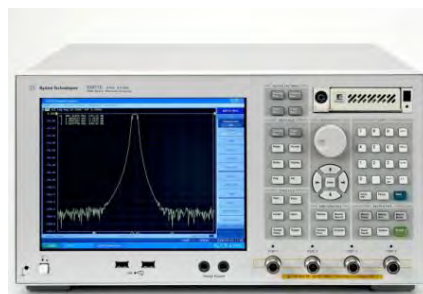


Figura 4.8: Analizador de redes Agilent E5071C

4.1.4. Generador de señal



Figura 4.9: Generador de señal Rohde & Schwarz SMB 100A

Para poder estudiar escenarios de mas de 20 metros se necesita un equipo generador de señal junto a la antena transmisora. En nuestro caso usamos un generador de señal *Rohde & Schwarz ZVL* modelo SMB 100A, disponible en la Universidad.

En este equipo únicamente se selecciona la frecuencia de trabajo que se desea usar, que en nuestro caso es de 5.6 GHz y la potencia máxima que permite seleccionar.

4.1.5. Analizador de espectro



Figura 4.10: Analizador de espectro Anritsu MS2717B

El analizador de espectro junto al generador de señal nos permite crear enlaces de larga distancia sin problemas. En nuestro caso usamos un analizador de espectros disponible en la universidad, el modelo disponible es el *Anritsu MS2717B*.

Este equipo también nos permite guardar los datos de las mediciones para poder sacarlos con una memoria USB y poder trabajar con ellos para obtener la potencia de señal en cada punto.

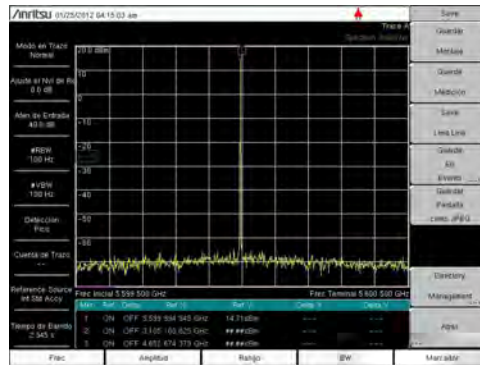


Figura 4.11: Captura de pantalla del analizador de espectro

En la Figura 4.11 podemos ver una captura de pantalla del analizador de espectro, y se puede ver el tono recibido en aproximadamente 5.6 GHz.

4.1.6. Medidor láser

Para obtener una mayor precisión en la medida de la distancia entre las antenas y para orientar las antenas para que estén enfrentadas, se ha usado un medidor láser, *Bosch DLE40*, disponible en el grupo.



Figura 4.12: Medidor láser Bosch DLE40.

Las características de este medidor son las siguientes:

- Diodo del láser: 635 nm., < 1 mW.
- Rango de medición interior: 0,05 - 40 m.
- Precisión de medición: $\pm 1,5$ mm.

La precisión de las medidas de distancia tomadas con este aparato es de $\pm 1,5$ mm., por lo que con un metro tradicional sería casi imposible conseguir dicha precisión, ya que sólo se podrían realizar marcas en el suelo y después posicionar el trípode con las antenas encima de esas marcas, pero no habría constancia de la distancia real entre las antenas.

Gracias al láser, se orienta una antena tomando como referencia la pared que tenía enfrentada o posicionando la otra antena a una distancia mayor que la estudiada. Después se coloca la otra antena en posición y se orienta la segunda antena haciendo que el láser apunte justo al centro de la primera antena. También se comprueba que en la primera antena, el láser apunte justo al centro de

la segunda. Así se mantiene durante las medidas una orientación precisa para que no sea un factor influyente en los resultados.

4.1.7. Resto de recursos utilizados

Se ha utilizado también otros recursos que no necesitan un análisis específico por lo que únicamente se procederá a listarlos:

- Una memoria USB para la extracción de datos del analizador de redes.
- Un ordenador para el procesamiento de datos y escritura de la memoria, con sus respectivos programas, Matlab y Texmaker (L^AT_EX).
- Dos trípodes para la sujeción de las antenas y orientación de las mismas.
- Un nivel para alinear las antenas.
- Dos alargadores de hasta 15 m. para la red eléctrica.

4.2. Escenarios

Se han buscado los escenarios más representativos en los que se podrían observar diversos fenómenos, como el multitrayecto principalmente, caracterizado por la distribución de Rayleigh en las medidas. Luego se pretende ver el efecto que provocan pasillos mas o menos estrechos o pasillos semi-abiertos con y sin taquillas metálicas. Además se han buscado caracterizar algunos elementos como puertas, paredes y ventanas.

El detalle de los escenarios se deja para el capítulo posterior por su facilidad para relacionar los resultados con el escenario. Al comienzo de cada escenario se puede encontrar un plano que caracteriza completamente el escenario y una foto para poder identificar mas fácilmente cada escenario.

4.3. Procedimiento de toma de medidas

Después de desplazar todo el material necesario al escenario a medir, se toma la antena transmisora como “estación base”, y por lo tanto, como estática, situando en analizador de redes o el generador de señal detrás de la misma.

4.3.1. Con el analizador de redes

En el caso de trabajar con el analizador de redes, se deben incluir las 4 trazas, *TRACE* → *Add Trace* y definir cada una de ellas como S_{11} , S_{21} , S_{12} y S_{22} , para poder exportar los resultados numéricos a través de la memoria USB. Se define el rango de frecuencias donde se va a trabajar con el botón *CENTER* a 5.5 GHz y *SPAN* de 1 GHz, por lo que en *START* tenemos 5 GHz y en *STOP* tenemos 6 GHz (aunque sólo se muestren 5.4 - 5.7 GHz, como ya se ha explicado anteriormente, puede servir para análisis posteriores); se define el numero de puntos que se van a tomar con el botón *SWEEP* → *Number of Points* como 1001; se define la potencia de emisión con el botón *PWR* *BW* → *POWER* a 20 dBm, lo máximo permitido por el analizador; y *FORMAT* como *dB Mag* para poder extraer los cuatro parámetros en decibelios.

Se conectan todos los cables que se vayan a usar formando uno sólo y a su vez se conectan las dos terminaciones a los puertos del analizador. En este momento se calibra a cero el analizador,

para eliminar la atenuación introducida por los cables a través del botón *CAL* \rightarrow *Start Cal* \rightarrow *Two Ports P1 P2* \rightarrow *Forward Cal*.

Finalmente se conecta el puerto 1 con la antena transmisora y el puerto 2 con la antena receptora y se realizan todas las medidas necesarias, hasta el límite del escenario definido, mientras se guardan los resultados numéricos en la memoria USB.

Para el análisis de los datos, aplicamos sobre los archivos volcados del analizador un pequeño script para eliminar los comentarios y las columnas sobrantes, quedándose un archivo con 3 columnas: frecuencia, amplitud y fase de las medidas.

4.3.2. Con el generador de señal y analizador de espectro

En el caso de trabajar con el generador de señal, únicamente se tiene que seleccionar la frecuencia de trabajo a 5.6 GHz y la potencia de emisión a 20 dBm.

En el analizador de espectro seleccionamos un rango de frecuencias muy bajo Para encontrar mejor el tono que estamos emitiendo, en nuestro caso usamos como frecuencia central 5.6 GHz y un ancho de banda de 1 MHz.

Se conecta el generador de señal con el analizador de espectro usando los mismos cables que se van a usar para conectar las antenas con el fin de tener una medida que marcará el nivel de calibración del resto de medidas. Luego se conectan las antenas y se va desplazando la antena receptora con el analizador de espectro a los distintos puntos de medición guardando los datos en el equipo.

4.4. Representación gráfica y análisis de los datos obtenidos

En todos los casos se muestra de manera gráfica las pérdidas en cada punto bajo estudio para ver de forma directa los resultados obtenidos. Por lo general se usará una escala logarítmica para representar la distancia ya que la función de pérdidas es una función logarítmica y al usar esta escala obtenemos una representación lineal que resulta visualmente mas comprensible y nos facilitará la creación de las ecuaciones que definan el modelo de las pérdidas del enlace radioeléctrico.

Las Figuras 4.13 y 4.14 muestran los mismos resultados en representación lineal y en representación logarítmica respectivamente. Como se puede ver, en la representación logarítmica se ajusta mucho mejor la recta y se obtiene un modelo mucho mas fiel que en la representación lineal, por ello los resultados se van a mostrar de manera logarítmica en todos los casos excepto en aquellos que no tengan como fin obtener un modelo y sean distancias cortas, donde la escala logarítmica no aporta ninguna información extra.

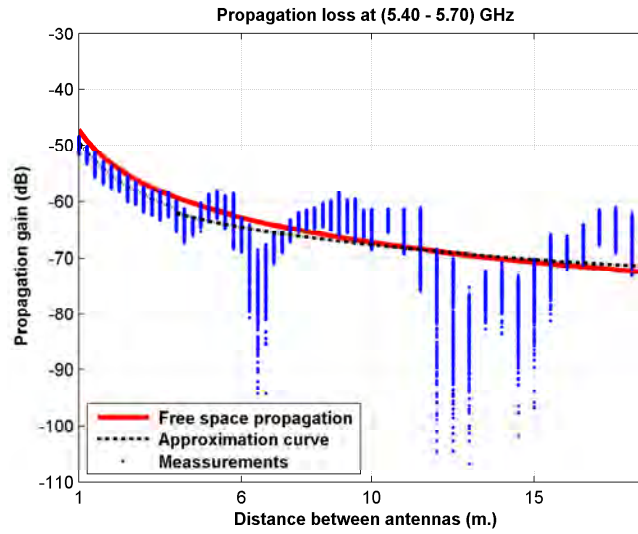


Figura 4.13: Ejemplo de representación lineal.

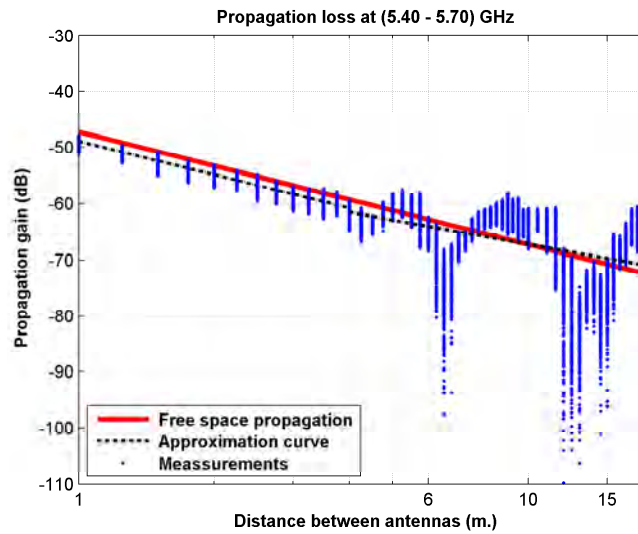


Figura 4.14: Ejemplo de representación logarítmica.

En los escenarios donde se ajustan los datos obtenidos a un modelo matemático, se adjuntan las ecuaciones que definen dicho modelo.

Finalmente se representa la desviación de los datos con respecto del modelo. Esto se muestra por un lado con los histogramas (Figura 4.15) y las funciones de distribución acumulativa (Figura 4.16) por cada uno de los tramos. Estas funciones se han ajustado con combinaciones de hasta dos funciones Gaussianas y una función Rayleigh adjuntando también los datos de dichas funciones.

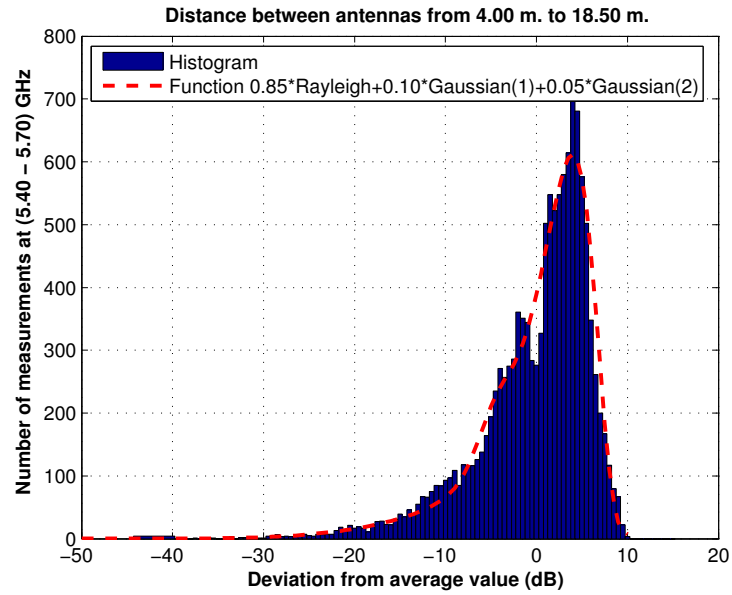


Figura 4.15: Ejemplo de histograma

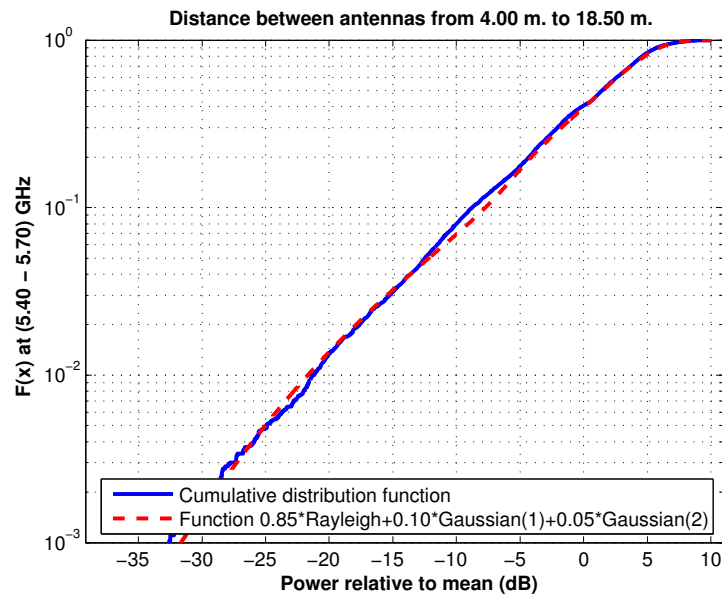


Figura 4.16: Ejemplo de CDF

5

Campaña de medidas

5.1. Edificio C

5.1.1. Escenario 1: Despachos C-336 - C-344

Entorno: Despachos vacíos de la Planta 3 del Edificio C. Se sitúa la antena transmisora en el despacho 344 y se van tomando cuatro medidas por cada despacho, en las posiciones que se muestran en la Figura 5.1. Las líneas verticales negras que se aprecian en las gráficas de pérdidas de propagación representan las paredes de los despachos.

Objetivo: Ver el efecto que tienen varias paredes sobre la propagación. Comprobar que las pérdidas introducidas por la primera pared son mayores que las pérdidas producidas por las sucesivas.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 a 5.605 GHz.

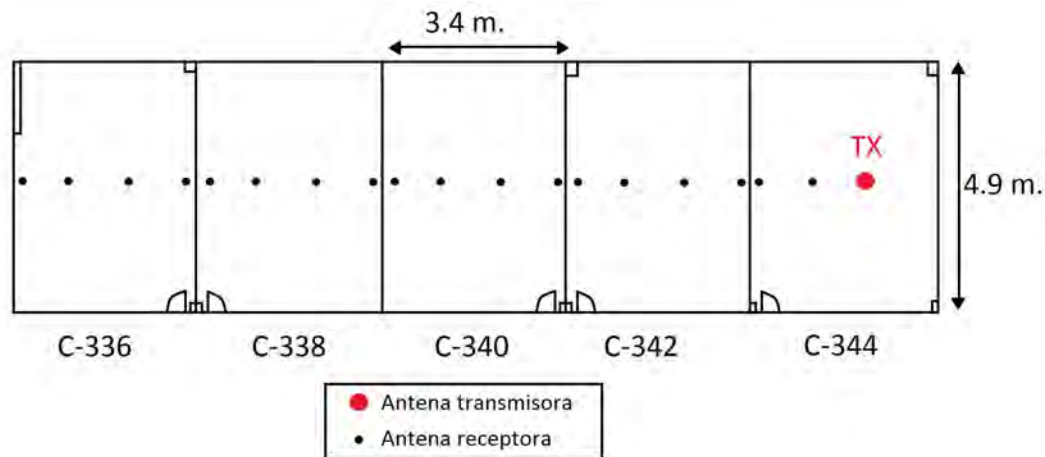


Figura 5.1: Plano de los despachos C-336 a C-344, Edificio C

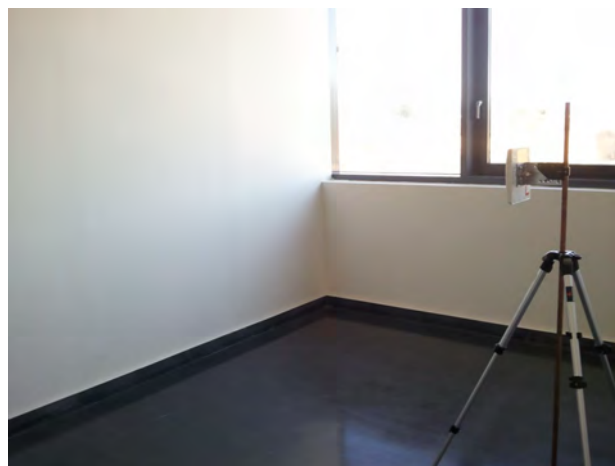


Figura 5.2: Foto del despacho 344 con la antena transmisora, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, toda la banda, polarización vertical

Las Figuras 5.3 y 5.4 representan las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

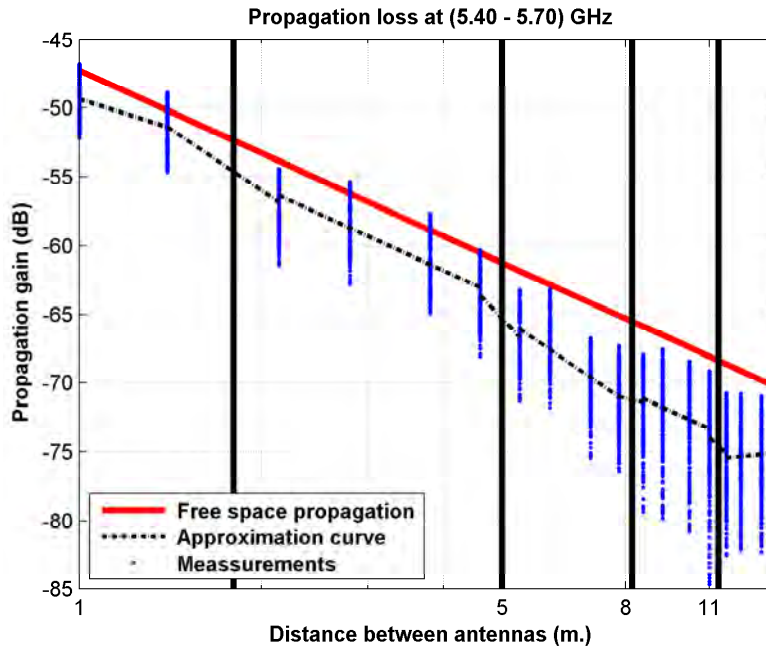


Figura 5.3: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda

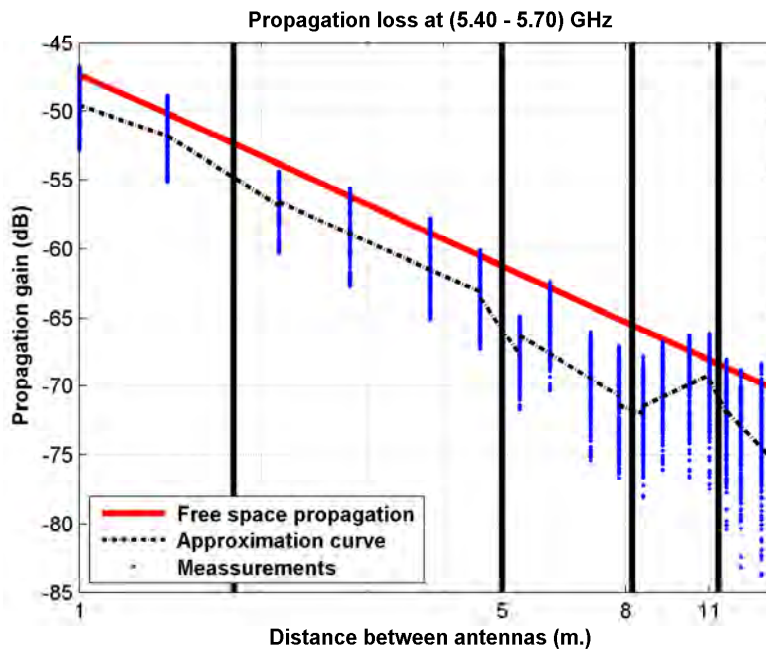


Figura 5.4: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.5 y 5.6 representan las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

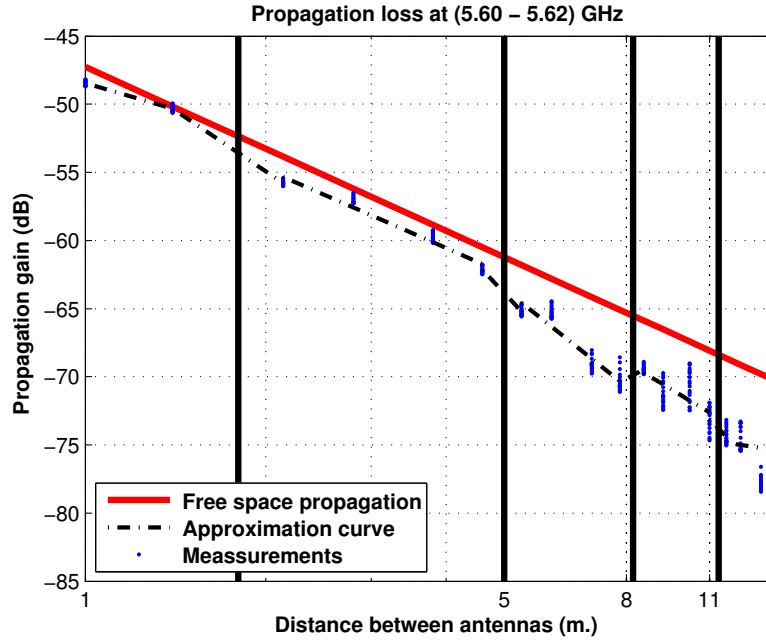


Figura 5.5: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

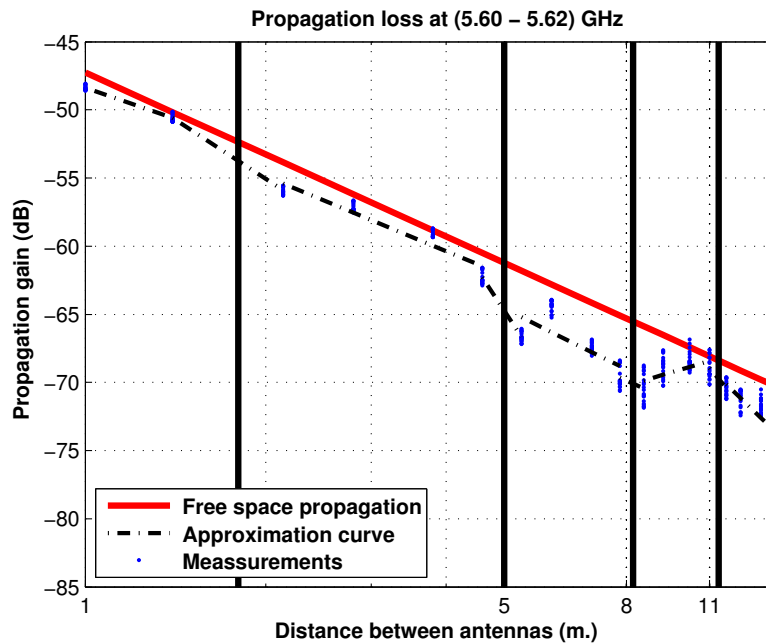


Figura 5.6: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.7 y 5.8 representan las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

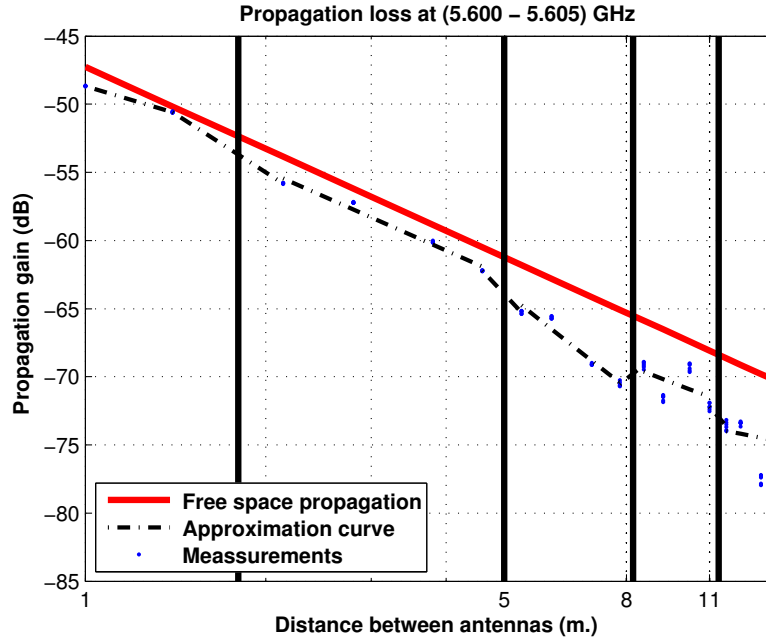


Figura 5.7: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

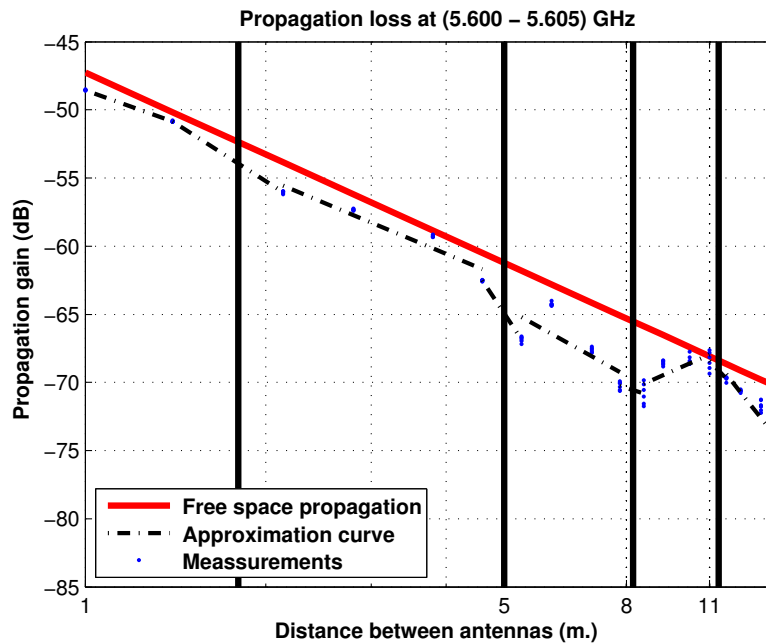


Figura 5.8: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora, toda la banda, con polarización vertical

Las Figuras 5.9 y 5.10 representan las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

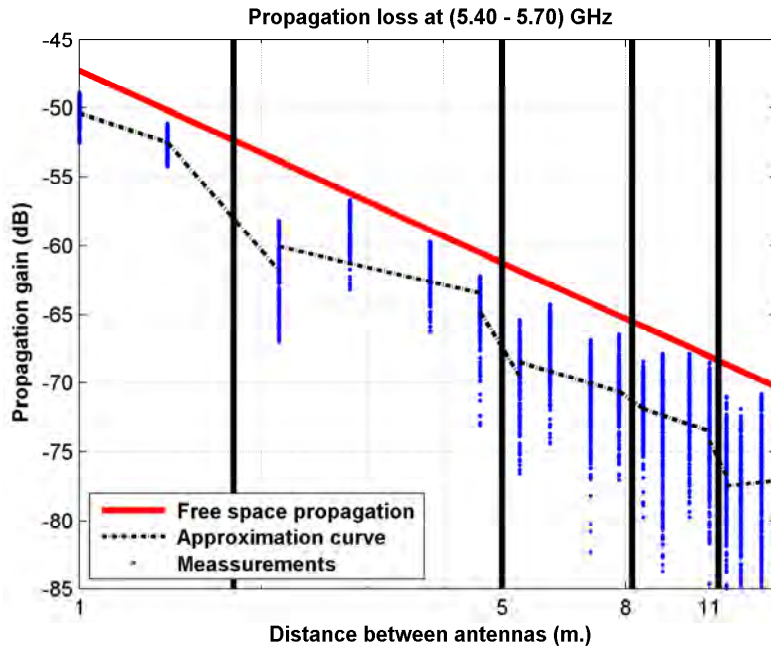


Figura 5.9: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, en toda la banda

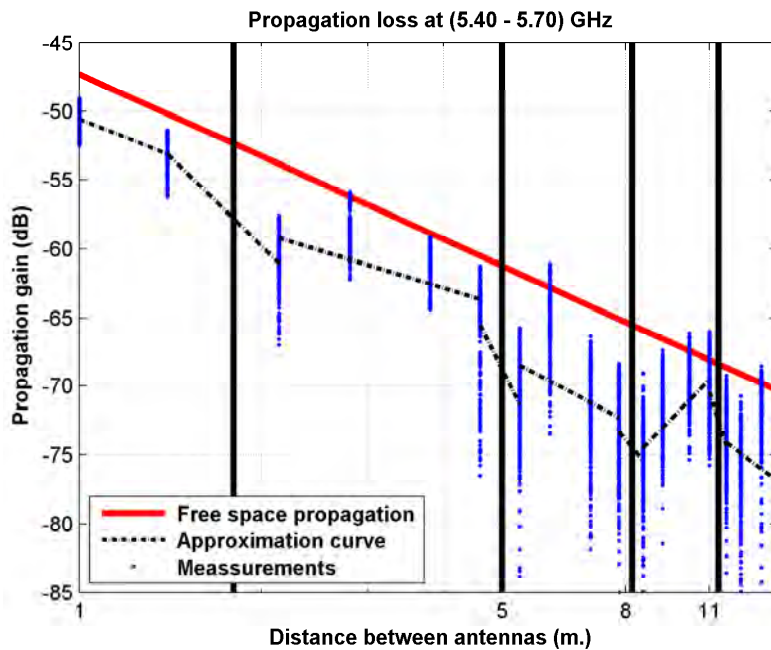


Figura 5.10: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.11 y 5.12 representan las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

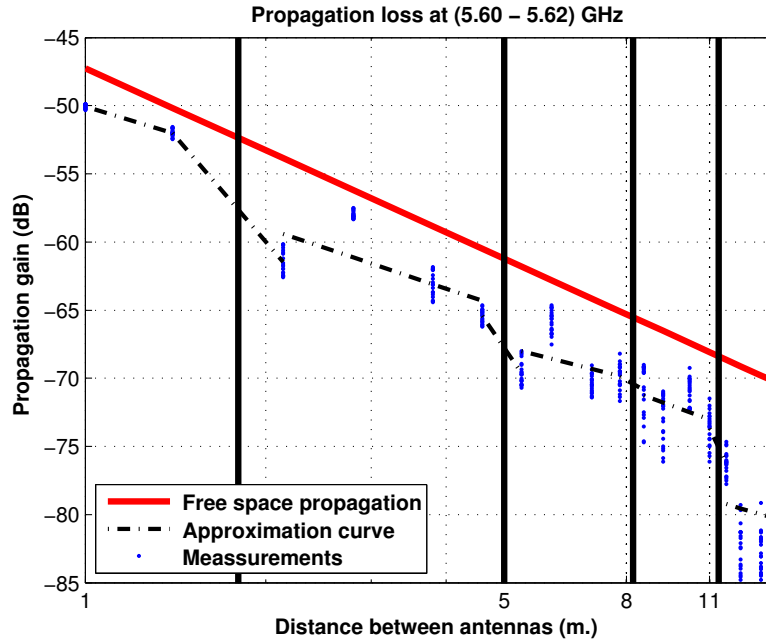


Figura 5.11: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

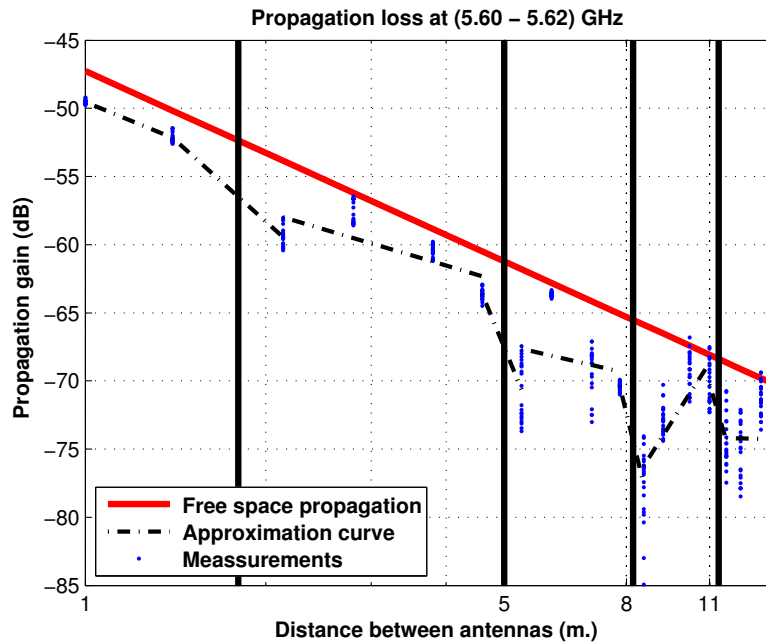


Figura 5.12: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.13 y 5.14 representan las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

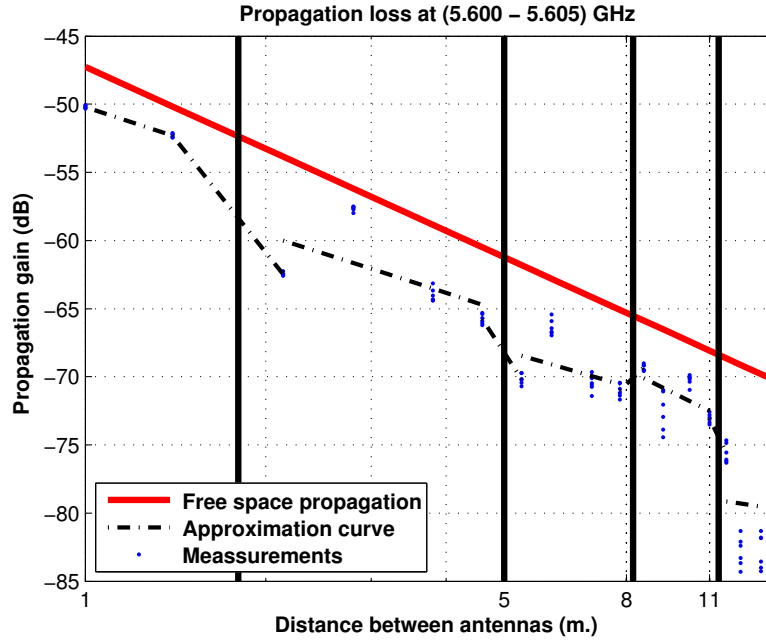


Figura 5.13: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

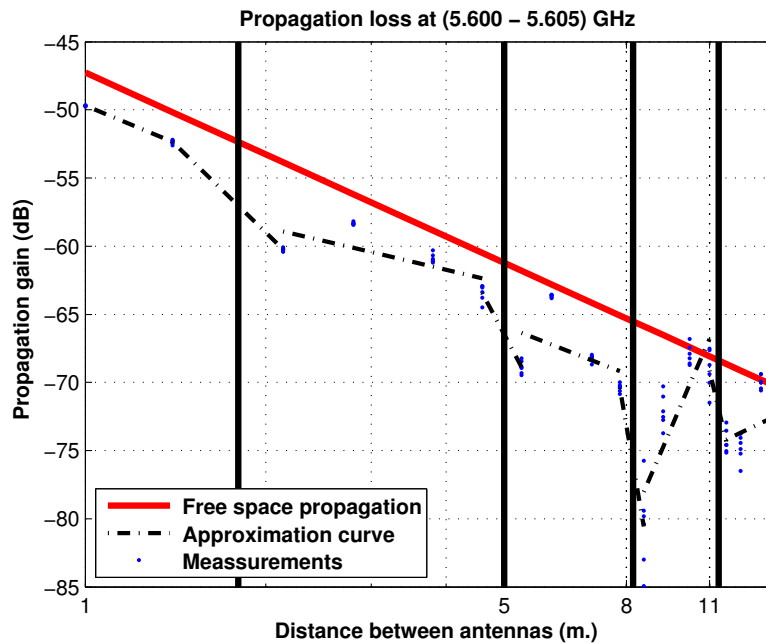


Figura 5.14: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora, toda la banda, con polarización vertical

Las Figuras 5.15 y 5.15 representan las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

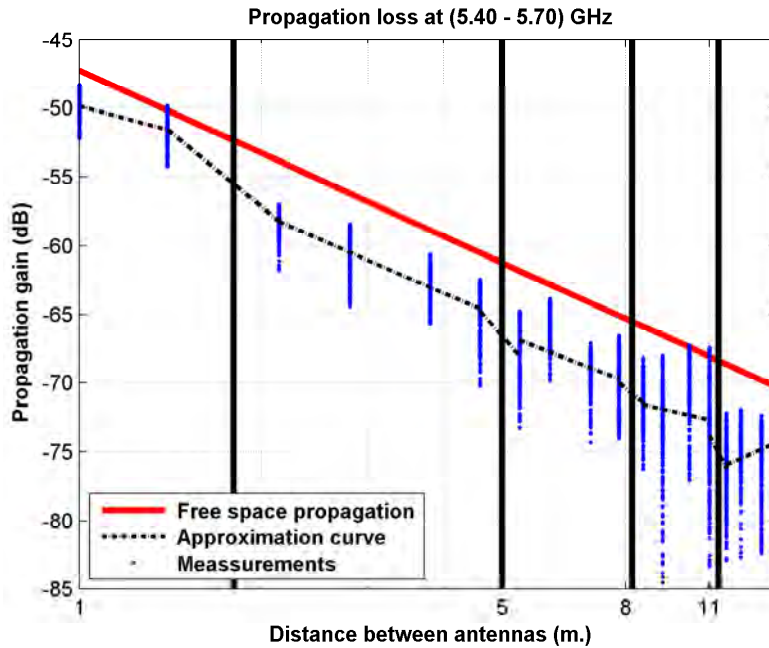


Figura 5.15: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, en toda la banda

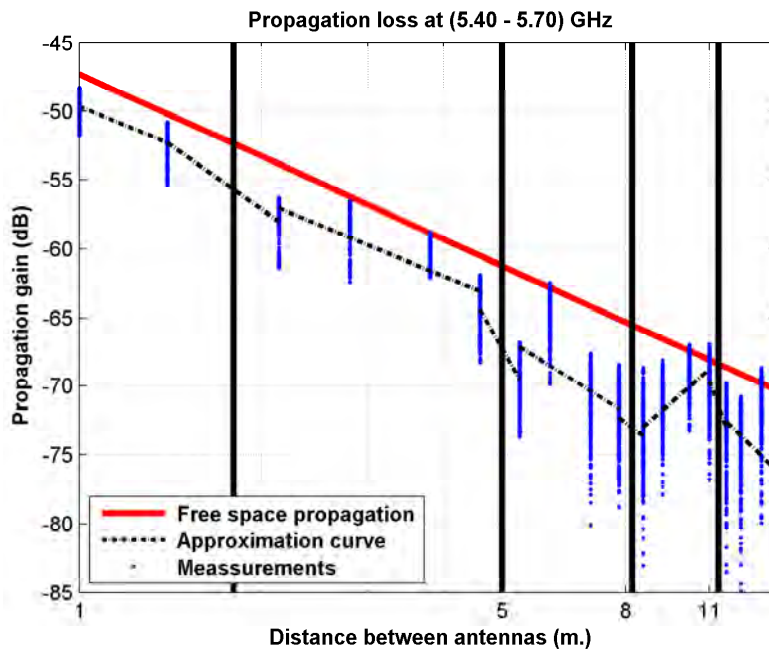


Figura 5.16: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.17 y 5.18 representan las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

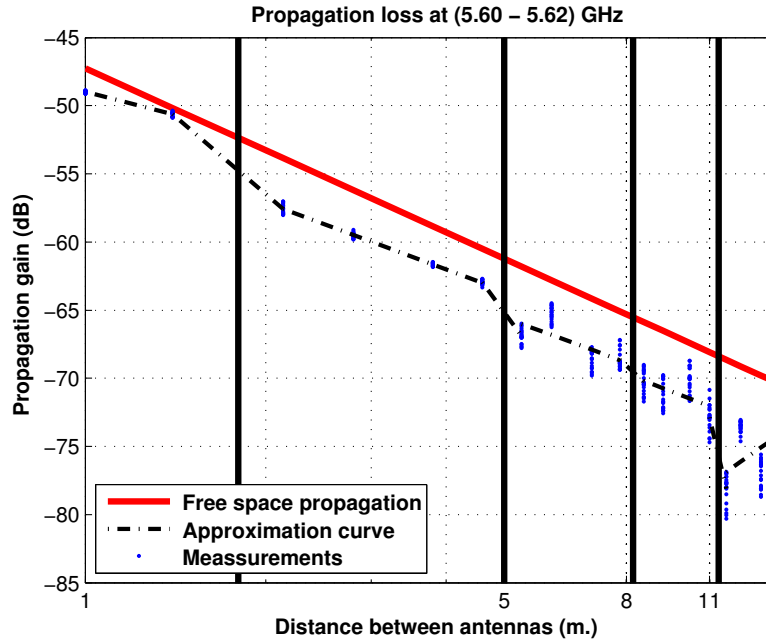


Figura 5.17: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

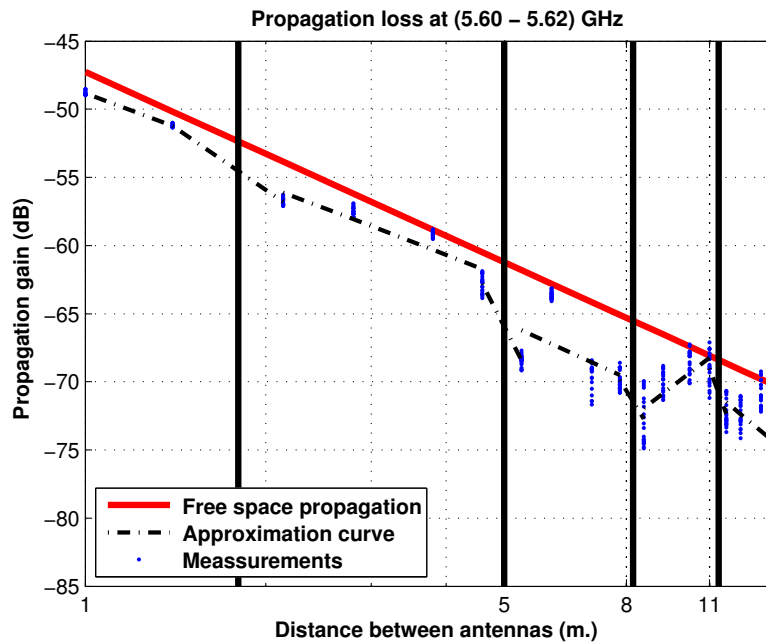


Figura 5.18: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.19 y 5.20 representan las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

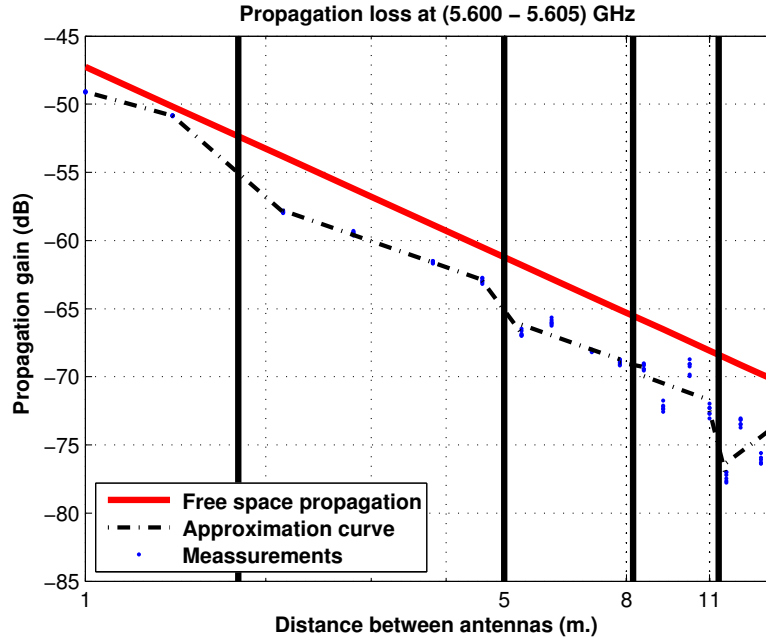


Figura 5.19: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

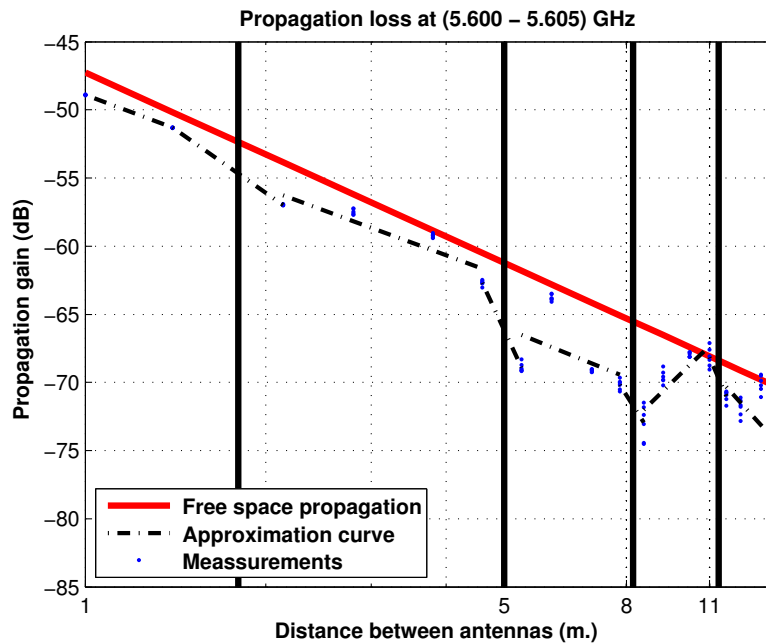


Figura 5.20: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 1 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, toda la banda, con polarización vertical

Las Figuras 5.21 y 5.22 representan las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

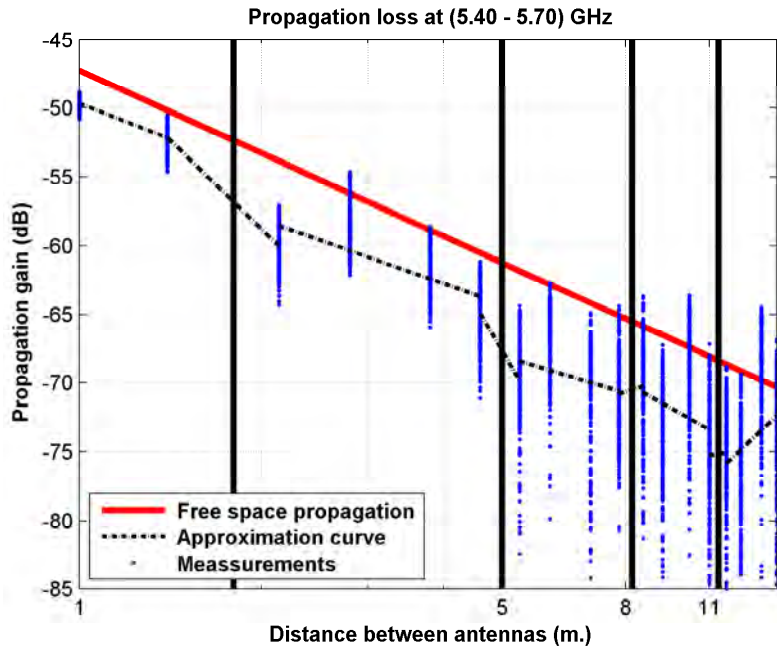


Figura 5.21: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda

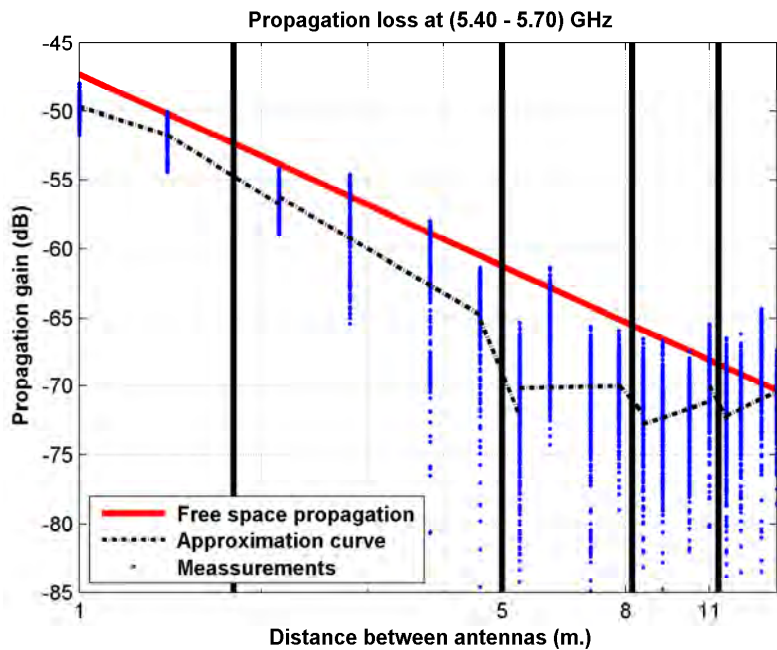


Figura 5.22: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.23 y 5.24 representan las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

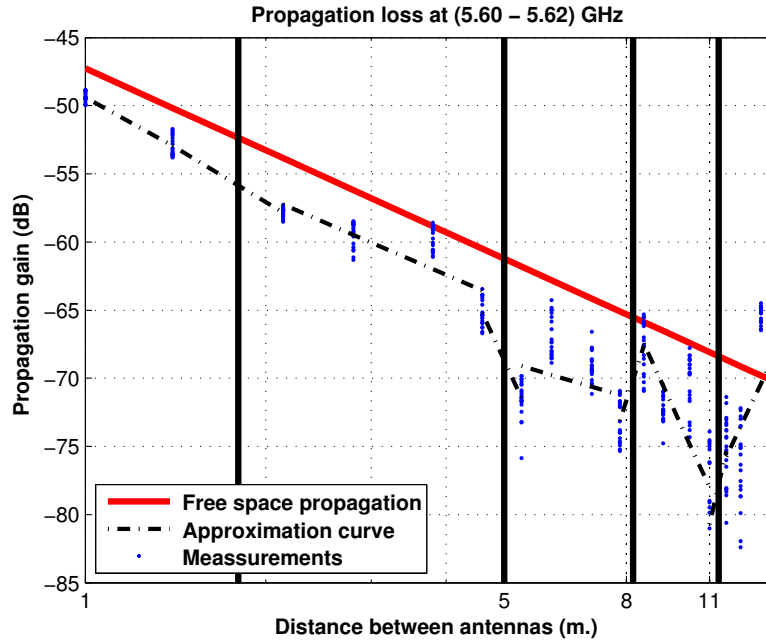


Figura 5.23: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

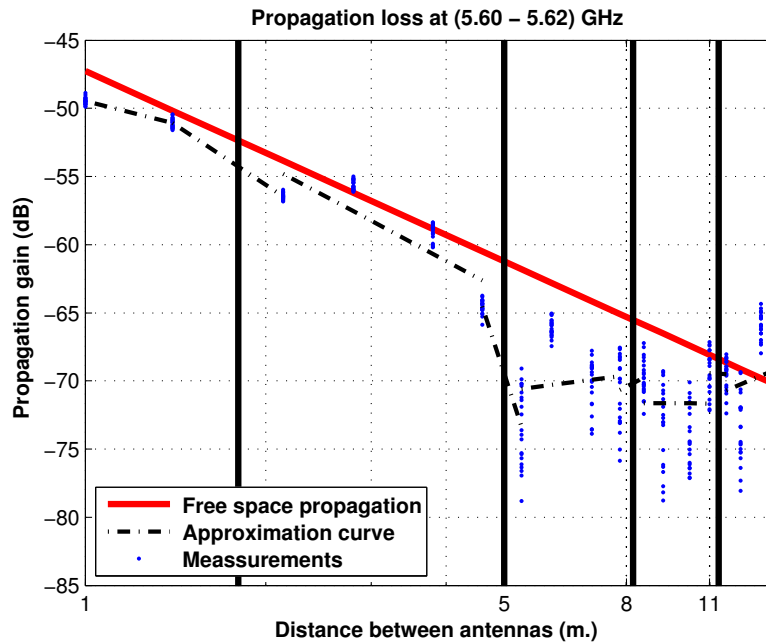


Figura 5.24: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Las Figuras 5.25 y 5.26 representan las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, a 1.40 m. y a 2.30 m. respectivamente, en función de la distancia de separación entre las antenas.

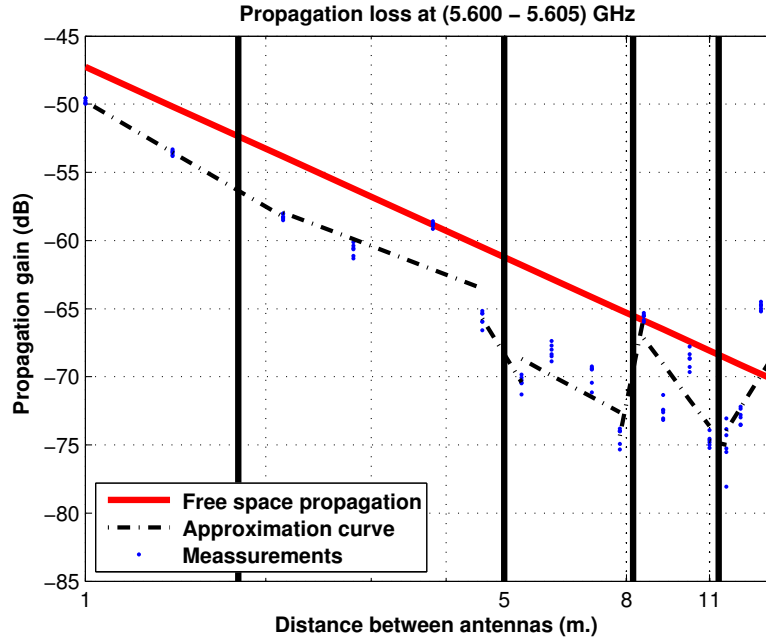


Figura 5.25: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

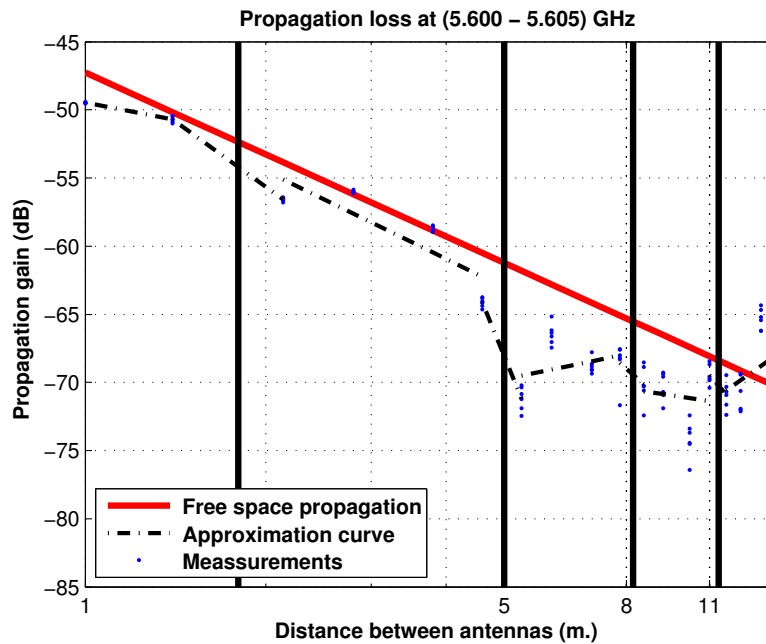


Figura 5.26: Pérdidas en despachos C-336 a C-344, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

En la Tabla 5.1 se pueden ver las pérdidas de inserción de cada una de las paredes atravesadas a lo largo del escenario con las antenas situadas a 1.40 m. de altura.

Tabla 5.1: Pérdidas efectivas de inserción de cada pared, antenas a 1.40 m.

Antena	Banda (GHz)	Polarización	Pared 1	Pared	Pared 3	Pared 4
1	5.40 - 5.70	Vertical	5.47	3.03	0.41	1.22
1	5.60 - 5.62	Vertical	5.46	3.05	-0.93	1.28
1	5.600 - 5.605	Vertical	5.22	3.04	-1.40	1.40
1	5.40 - 5.70	horizontal	5.60	3.41	1.40	0.81
1	5.60 - 5.62	horizontal	5.06	3.03	0.73	1.21
1	5.600 - 5.605	horizontal	5.17	2.41	0.31	3.01
3	5.40 - 5.70	Vertical	9.29	4.61	1.22	2.54
3	5.60 - 5.62	Vertical	9.47	4.15	0.96	2.55
3	5.600 - 5.605	Vertical	10.17	4.40	-1.69	2.54
3	5.40 - 5.70	horizontal	7.02	2.50	4.09	4.22
3	5.60 - 5.62	horizontal	7.09	3.04	-0.10	7.42
3	5.600 - 5.605	horizontal	7.12	5.81	0.28	8.10
4	5.40 - 5.70	Vertical	6.65	3.30	1.41	2.33
4	5.60 - 5.62	Vertical	6.93	3.92	1.62	5.21
4	5.600 - 5.605	Vertical	7.05	3.85	0.34	4.85
4	5.40 - 5.70	horizontal	6.76	3.77	3.55	-0.15
4	5.60 - 5.62	horizontal	6.75	3.79	2.08	0.86
4	5.600 - 5.605	horizontal	6.76	4.14	2.04	2.92
3 y 4	5.40 - 5.70	Vertical	7.87	4.89	-0.56	-0.19
3 y 4	5.60 - 5.62	Vertical	4.90	6.23	-5.50	-5.36
3 y 4	5.600 - 5.605	Vertical	4.70	4.67	-8.72	0.32
3 y 4	5.40 - 5.70	horizontal	5.23	1.04	6.25	-0.14
3 y 4	5.60 - 5.62	horizontal	4.52	1.92	6.13	1.58
3 y 4	5.600 - 5.605	horizontal	4.51	3.73	13.11	1.67

En la Tabla 5.2 se pueden ver las pérdidas de inserción de cada una de las paredes atravesadas a lo largo del escenario con las antenas situadas a 2.30 m. de altura.

Tabla 5.2: Pérdidas efectivas de inserción de cada pared, antenas a 2.30 m.

Antena	Banda (GHz)	Polarización	Pared 1	Pared 2	Pared 3	Pared 4
1	5.40 - 5.70	Vertical	5.09	4.11	0.55	2.41
1	5.60 - 5.62	Vertical	5.31	4.36	0.79	1.46
1	5.600 - 5.605	Vertical	5.20	4.32	0.57	1.32
1	5.40 - 5.70	horizontal	5.98	4.48	3.23	2.20
1	5.60 - 5.62	horizontal	5.95	4.84	2.60	1.82
1	5.600 - 5.605	horizontal	6.23	4.37	2.37	2.17
3	5.40 - 5.70	Vertical	7.90	5.82	2.08	3.97
3	5.60 - 5.62	Vertical	7.29	6.98	7.23	4.14
3	5.600 - 5.605	Vertical	7.88	5.44	10.16	5.18
3	5.40 - 5.70	horizontal	6.78	3.18	6.09	3.37
3	5.60 - 5.62	horizontal	6.30	5.00	8.24	-2.84
3	5.600 - 5.605	horizontal	6.90	3.30	11.32	-2.20
4	5.40 - 5.70	Vertical	5.72	5.10	1.31	3.46
4	5.60 - 5.62	Vertical	5.57	5.63	2.81	3.32
4	5.600 - 5.605	Vertical	5.66	6.22	2.77	2.85
4	5.40 - 5.70	horizontal	5.76	4.93	2.59	2.68
4	5.60 - 5.62	horizontal	6.08	6.44	3.65	0.33
4	5.600 - 5.605	horizontal	6.00	5.66	6.97	1.51
3 y 4	5.40 - 5.70	Vertical	5.07	7.04	2.05	2.34
3 y 4	5.60 - 5.62	Vertical	5.39	8.83	-0.91	0.08
3 y 4	5.600 - 5.605	Vertical	5.88	7.04	1.60	1.45
3 y 4	5.40 - 5.70	horizontal	6.94	5.93	3.49	4.51
3 y 4	5.60 - 5.62	horizontal	2.72	4.72	4.32	1.12
3 y 4	5.600 - 5.605	horizontal	4.71	2.09	6.99	-0.81

Conclusiones:

Como puede verse a lo largo de todo el escenario, las pérdidas introducidas por la segunda y sucesivas paredes son menores que las pérdidas introducidas por la primera pared. Esto es así porque al estar a mas distancia, aumentan las reflexiones en paredes laterales y otros elementos.

5.1.2. Pérdidas de inserción de varios elementos usando el analizador de redes

5.1.2.1. Escenario 2: Columnas del Edificio C, Planta 3

Entorno: Pasillos con columnas de la planta 3 del edificio C, donde minimizamos el efecto del suelo y del techo.

Objetivo: Ver las pérdidas de inserción y difracción de las columnas.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la 1 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a cinco alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.00 m, 1.50 m, 1.70 m, 1.90 m y de 2.10 m.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

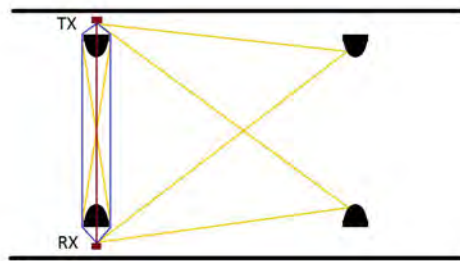


Figura 5.27: Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de dos columnas

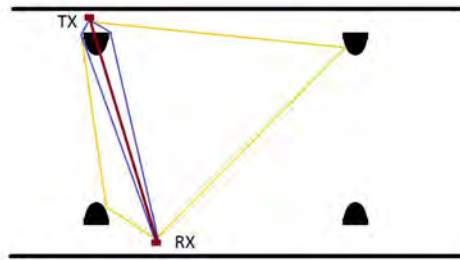


Figura 5.28: Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de una columna cerca de la antena transmisora

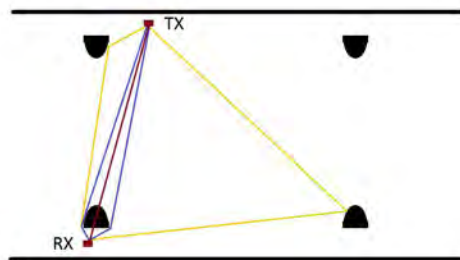


Figura 5.29: Esquema de situación de las antenas para el caso de inserción de una columna cerca de la antena receptora

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, toda la banda

La Figura 5.30 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas.

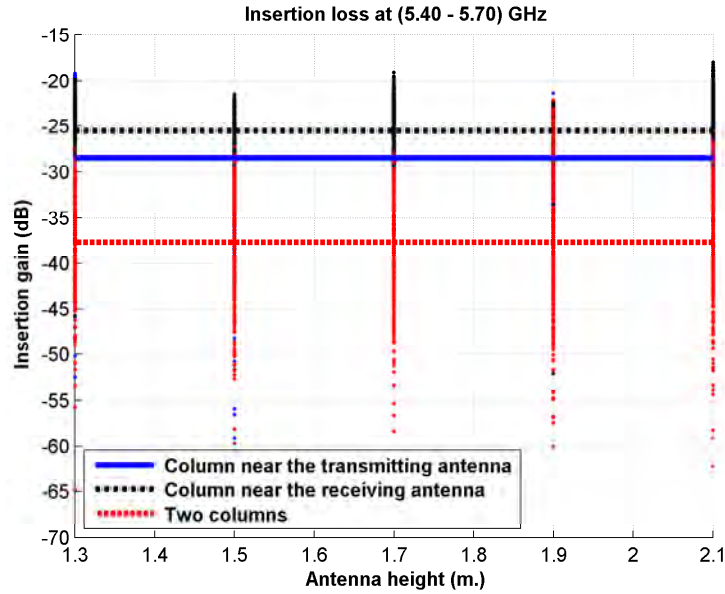


Figura 5.30: Pérdidas de inserción de columnas, en toda la banda, con polarización vertical

La Figura 5.31 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la altura de las antenas.

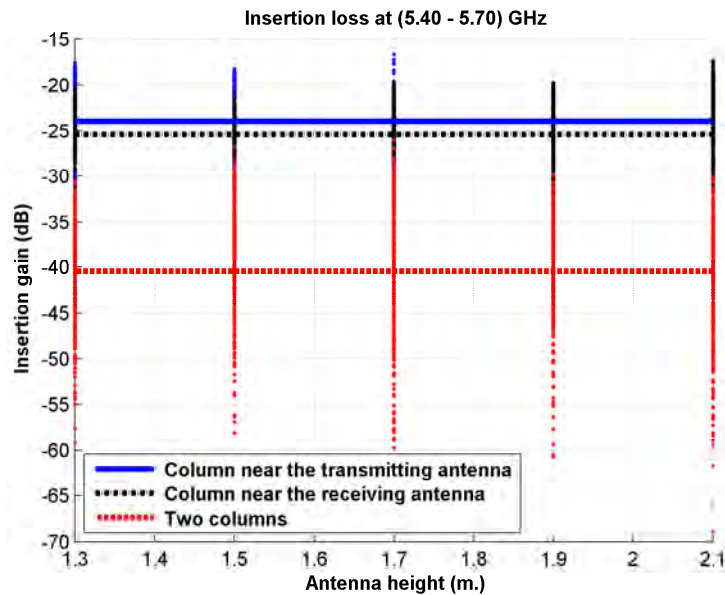


Figura 5.31: Pérdidas de inserción de columnas, en toda la banda, con polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 20 MHz

La Figura 5.32 representa las pérdidas de inserción en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

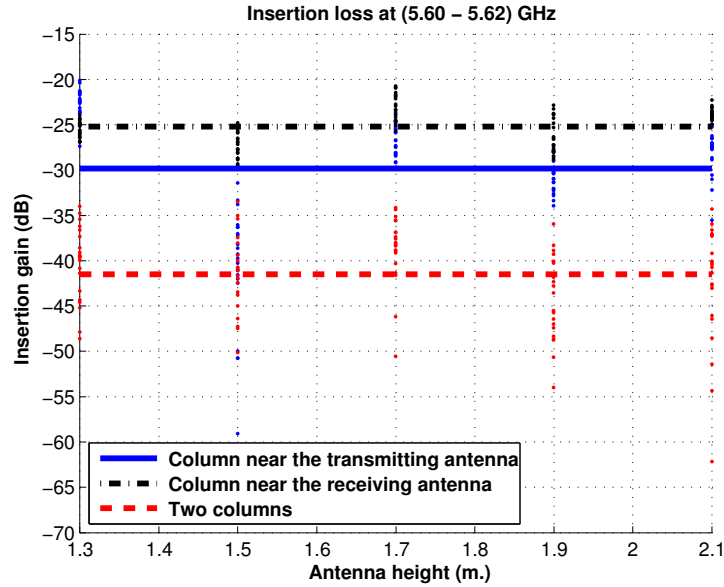


Figura 5.32: Pérdidas de inserción de columnas, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 5 MHz

La Figura 5.33 representa las pérdidas de inserción en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

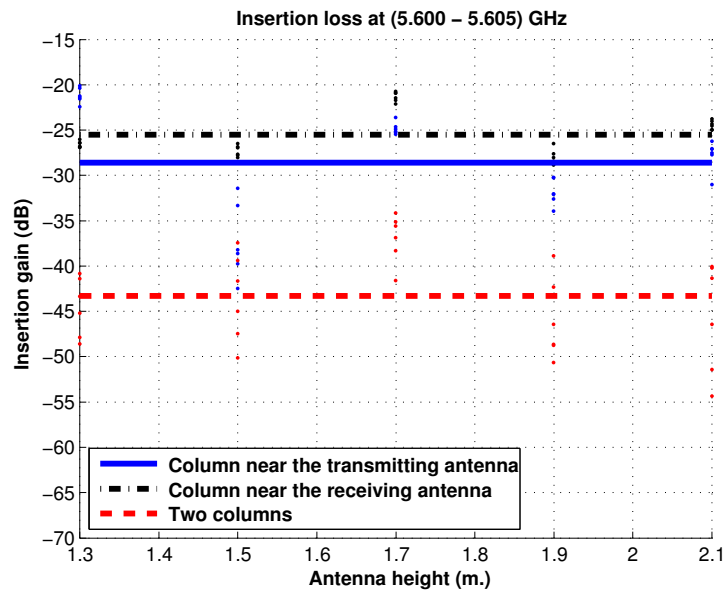


Figura 5.33: Pérdidas de inserción de columnas, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Pérdidas de inserción en función de la frecuencia de trabajo

La Figura 5.34 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la frecuencia de trabajo.

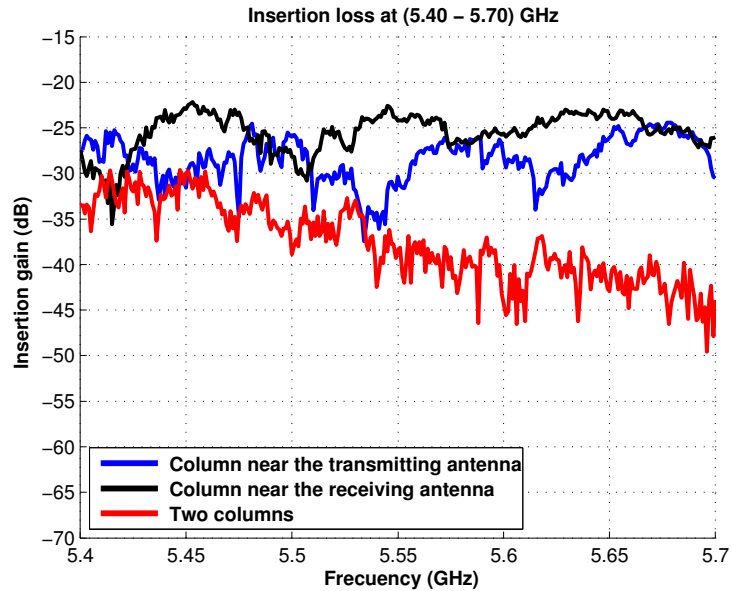


Figura 5.34: Pérdidas de inserción de columnas, en función de la frecuencia, con polarización vertical

La Figura 5.35 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la frecuencia de trabajo.

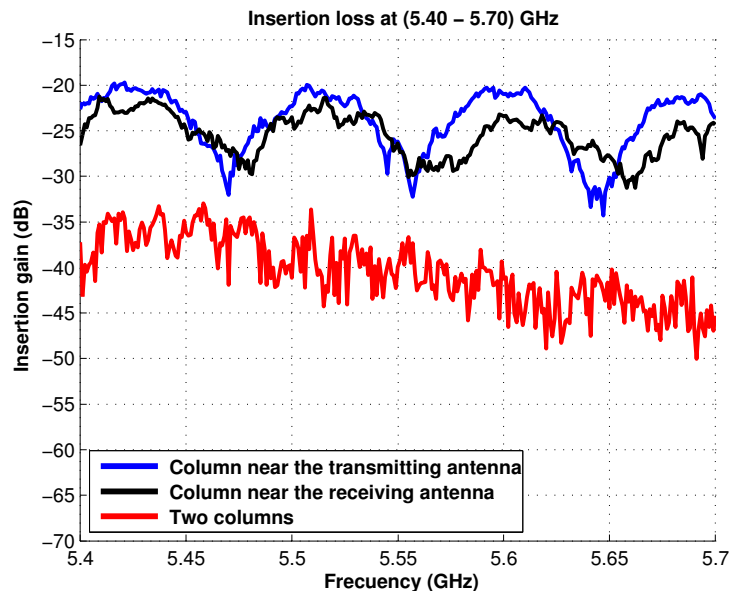


Figura 5.35: Pérdidas de inserción de columnas, en función de la frecuencia, con polarización horizontal

5.1.2.2. Escenario 3: Pared lateral del despacho 338, Planta 3 del Edificio C

Entorno: Pasillo y despacho 338, Planta 3 del Edificio C.

Objetivo: Ver las pérdidas de inserción de una pared lateral.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la antena 1 como receptora. En este caso nos interesa usar únicamente las antenas mas directivas.

Altura de las antenas: Se trabaja a cinco alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 0.7 m, 1.3 m, 1.5 m y 1.7 m. para obtener distintos puntos y poder comparar con mayor precision.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

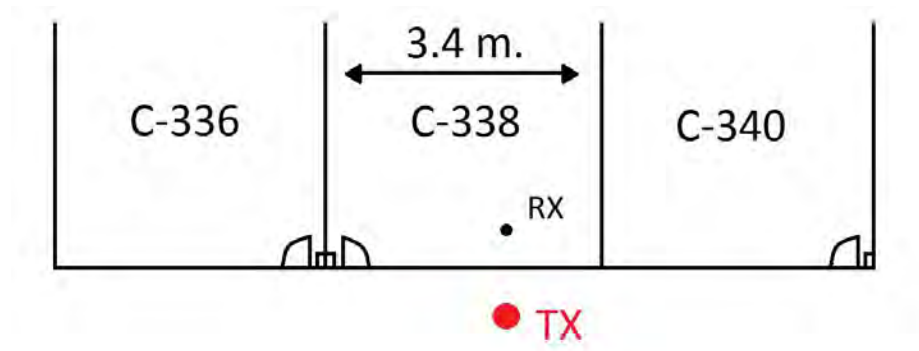


Figura 5.36: Plano de la situación de las antenas para medir la inserción de una pared

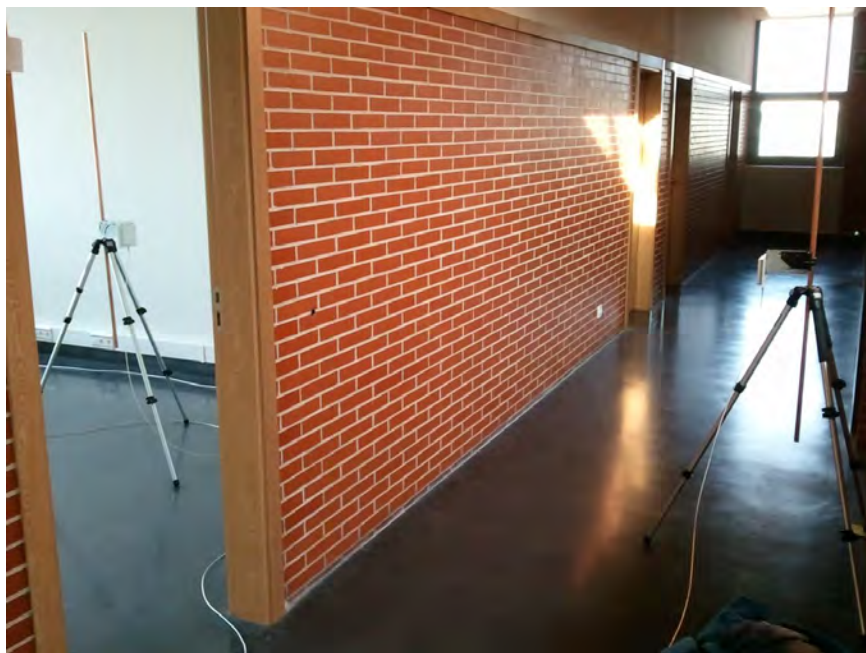


Figura 5.37: Foto con la pared en la trayectoria entre las antenas

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, toda la banda

La Figura 5.38 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

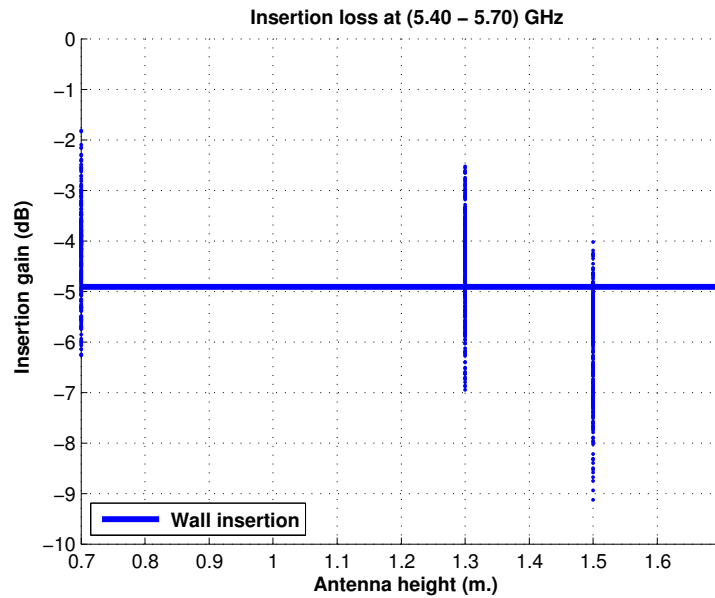


Figura 5.38: Pérdidas de inserción de una pared, toda la banda, con polarización vertical

La Figura 5.39 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

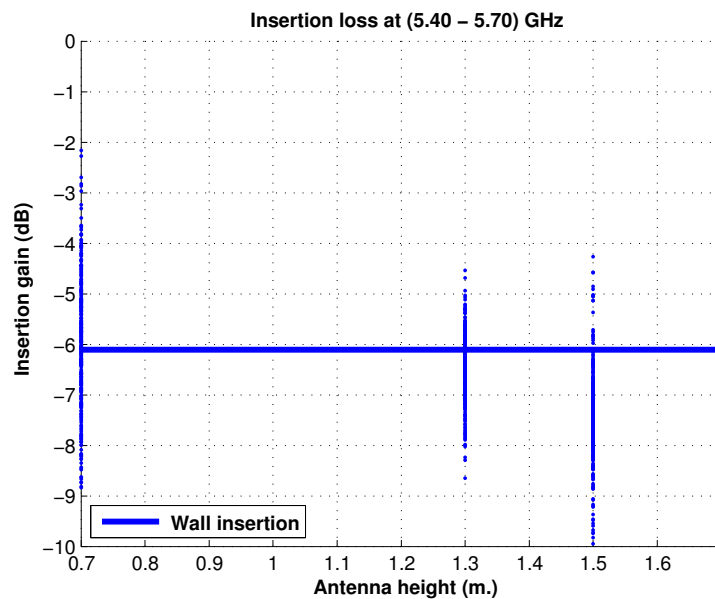


Figura 5.39: Pérdidas de inserción de una pared, toda la banda, con polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 20 MHz

La Figura 5.40 representa las pérdidas de inserción en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

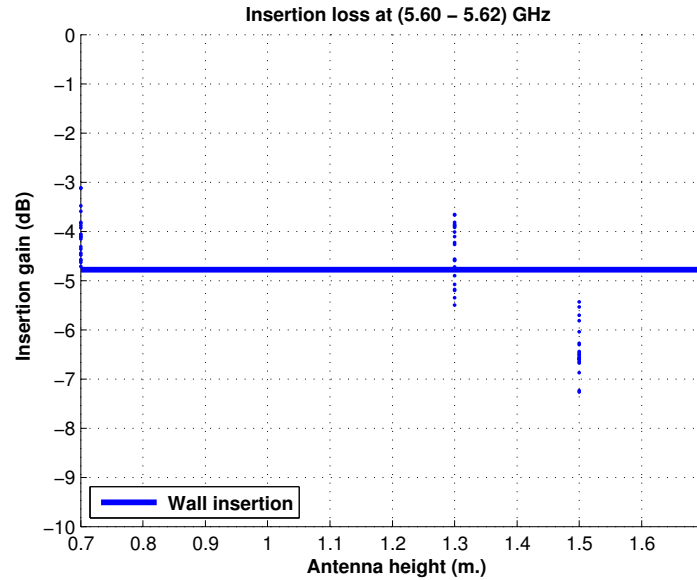


Figura 5.40: Pérdidas de inserción de pared, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 5 MHz

La Figura 5.41 representa las pérdidas de inserción en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

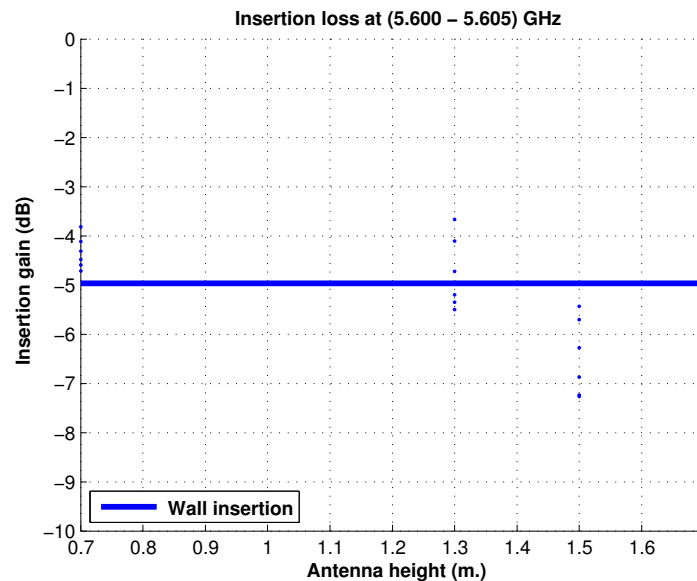


Figura 5.41: Pérdidas de inserción de pared, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Pérdidas de inserción en función de la frecuencia de trabajo

La Figura 5.42 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la frecuencia de trabajo.

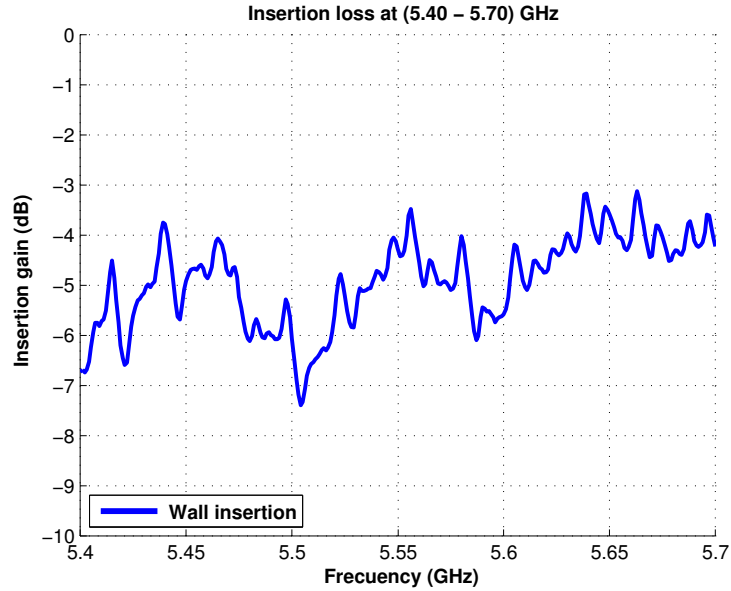


Figura 5.42: Pérdidas de inserción de pared, en función de la frecuencia, con polarización vertical

La Figura 5.43 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la frecuencia de trabajo.

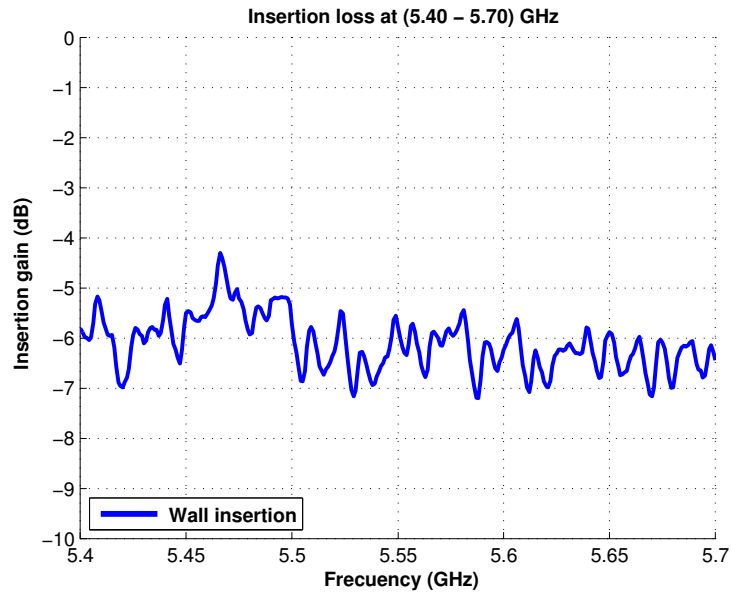


Figura 5.43: Pérdidas de inserción de pared, en función de la frecuencia, con polarización horizontal

5.1.2.3. Escenario 4: Puerta del despacho 338 de la Planta 3 del Edificio C

Entorno: Pasillo y despacho 338 de la Planta 3 del Edificio C.

Objetivo: Ver las pérdidas de inserción de una puerta.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la antena 1 como receptora. En este caso nos interesa usar únicamente las antenas mas directivas.

Altura de las antenas: Se trabaja a cinco alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 0.7 m, 1.3 m, 1.5 m, y 1.7 m, evitando así tanto el marco de la puerta como el pomo de la misma.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

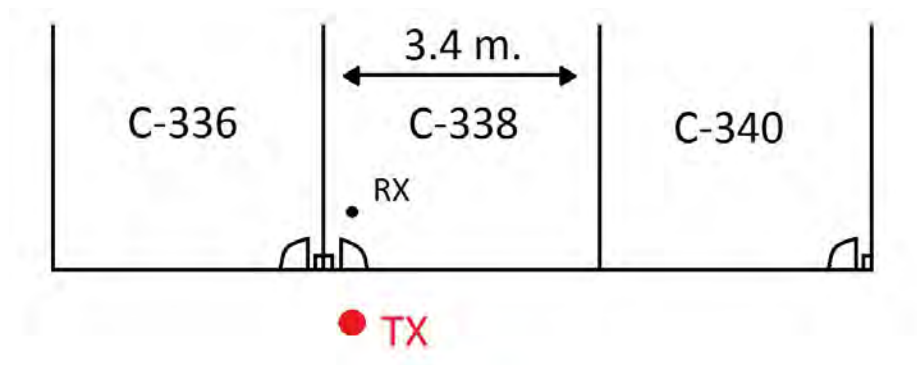


Figura 5.44: Plano de la situación de las antenas para medir la inserción de una puerta



Figura 5.45: Foto con la puerta en la trayectoria entre las antenas

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, toda la banda

La Figura 5.46 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

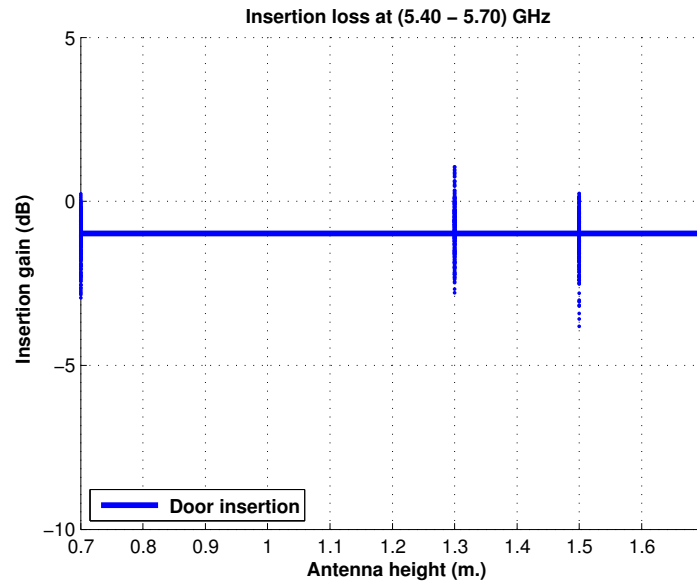


Figura 5.46: Pérdidas de inserción de una puerta, toda la banda, con polarización vertical

La Figura 5.47 representa las pérdidas de inserción en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

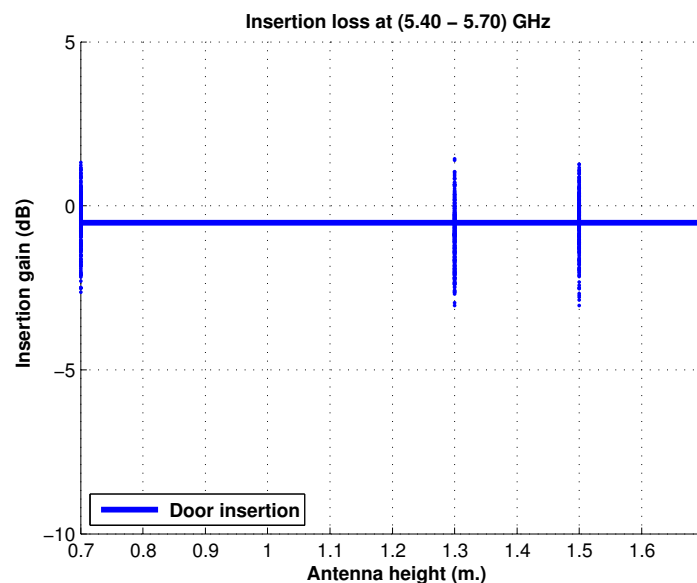


Figura 5.47: Pérdidas de inserción de una puerta, toda la banda, con polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 20 MHz

La Figura 5.48 representa las pérdidas de inserción en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

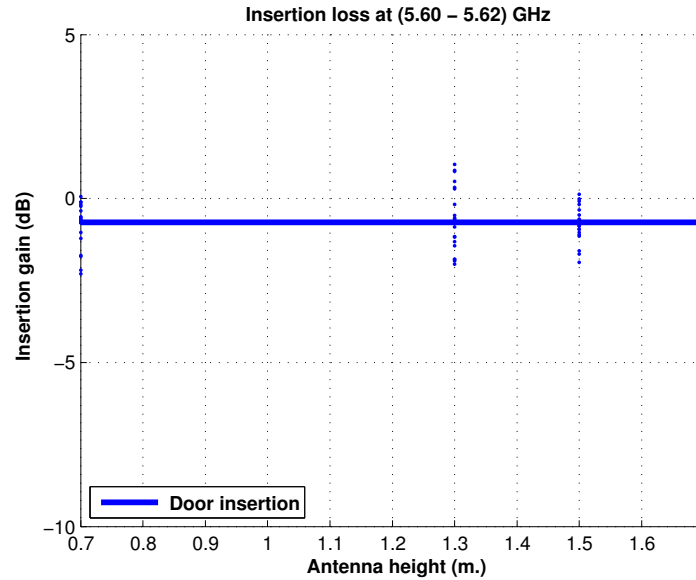


Figura 5.48: Pérdidas de inserción de puerta, canal de 20 MHz, con polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 5 MHz

La Figura 5.49 representa las pérdidas de inserción en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la altura de las antenas. Se pueden ver las medidas obtenidas y la media de todos los valores a todas las alturas

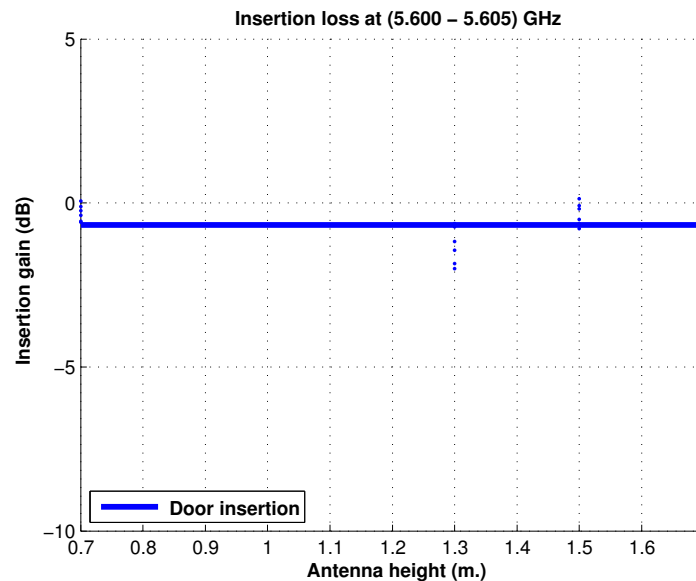


Figura 5.49: Pérdidas de inserción de puerta, canal de 5 MHz, con polarización vertical

Pérdidas de inserción en función de la frecuencia de trabajo

La Figura 5.50 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la frecuencia de trabajo.

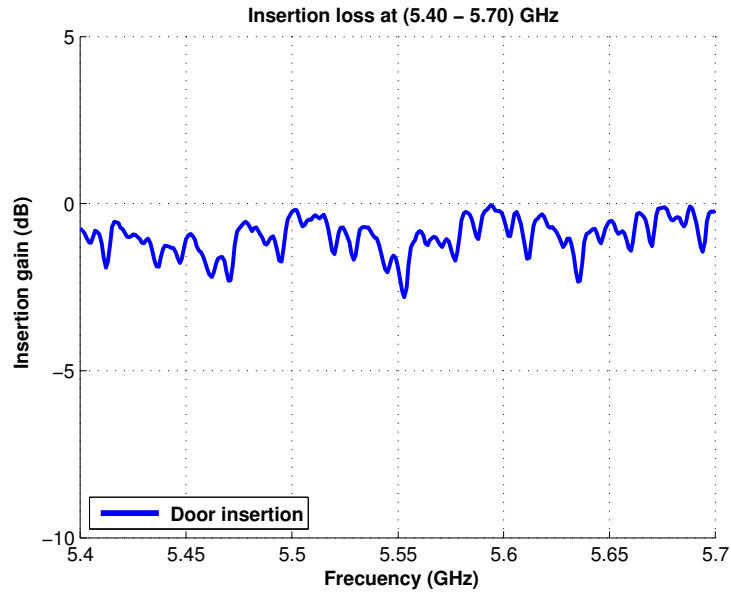


Figura 5.50: Pérdidas de inserción de puerta, en función de la frecuencia, con polarización vertical

La Figura 5.51 representa la media de las pérdidas de inserción vistas anteriormente en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización horizontal, en función de la frecuencia de trabajo.

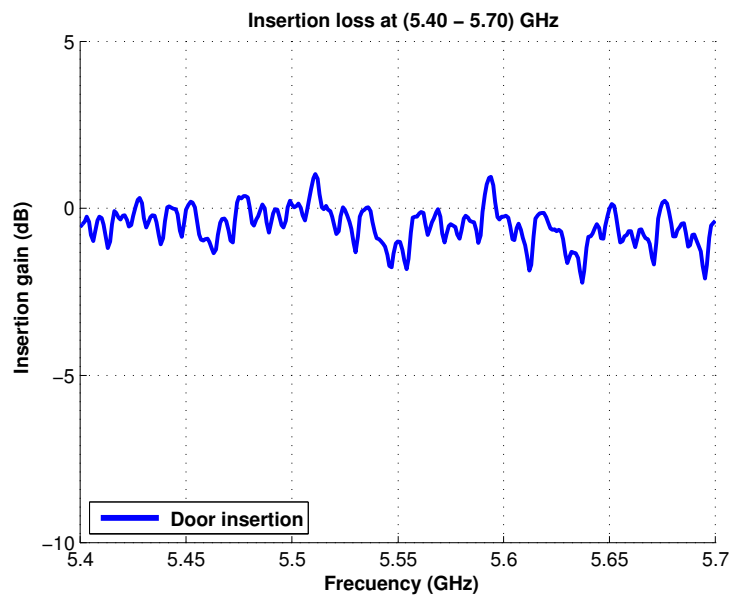


Figura 5.51: Pérdidas de inserción de puerta, en función de la frecuencia, con polarización horizontal

En la Tabla 5.3 se muestran las medias y las desviaciones típicas de las pérdidas de inserción de los distintos obstáculos estudiados en este apartado.

Tabla 5.3: Media y desviación de las pérdidas de inserción de cada elemento

Inserción	Banda (GHz)	Polarización	Media (dB)	Desviación
Dos columnas	5.40 - 5.70	Vertical	42.69	0.53
	5.60 - 5.62	Vertical	41.48	2.11
	5.600 - 5.605	Vertical	43.31	3.69
	5.40 - 5.70	horizontal	43.60	0.80
	5.60 - 5.62	horizontal	43.89	3.40
	5.600 - 5.605	horizontal	42.78	5.24
Columna cerca de la antena transmisora	5.40 - 5.70	Vertical	28.59	2.02
	5.60 - 5.62	Vertical	29.81	6.78
	5.600 - 5.605	Vertical	28.59	6.25
	5.40 - 5.70	horizontal	25.42	0.54
	5.60 - 5.62	horizontal	21.44	1.26
	5.600 - 5.605	horizontal	21.06	1.72
Columna cerca de la antena receptora	5.40 - 5.70	Vertical	25.76	1.95
	5.60 - 5.62	Vertical	25.20	1.67
	5.600 - 5.605	Vertical	25.53	2.71
	5.40 - 5.70	horizontal	26.12	1.53
	5.60 - 5.62	horizontal	24.07	2.27
	5.600 - 5.605	horizontal	23.71	1.52
Pared	5.40 - 5.70	Vertical	4.60	0.84
	5.60 - 5.62	Vertical	4.78	1.10
	5.600 - 5.605	Vertical	4.97	1.02
	5.40 - 5.70	horizontal	6.43	1.27
	5.60 - 5.62	horizontal	6.38	0.78
	5.600 - 5.605	horizontal	5.99	0.63
Puerta	5.40 - 5.70	Vertical	0.54	0.11
	5.60 - 5.62	Vertical	0.72	0.10
	5.600 - 5.605	Vertical	0.67	0.46
	5.40 - 5.70	horizontal	0.68	0.33
	5.60 - 5.62	horizontal	0.66	0.34
	5.600 - 5.605	horizontal	0.53	0.43

Conclusiones:

Al igual que en el caso de las paredes, se puede ver que las pérdidas introducidas por una segunda columna en la línea de visión directa son menores que las pérdidas introducidas por la primera columna.

Se puede ver que las pérdidas introducidas por una columna cerca de la antena transmisora son similares que si la columna está cerca de la receptora.

Las pérdidas por pared lateral son similares a las de las paredes entre despachos, esto es porque aunque les falta un recubrimiento en uno de los lados, la composición es similar en ambos casos.

Las pérdidas introducidas por las puertas son muy bajas, esto es porque son puertas de madera contrachapada, y tienen muy poco efecto en la transmisión de la señal.

5.1.3. Pérdidas de inserción con el analizador de espectro

5.1.3.1. Escenario 5: Ventana en la puerta de entrada, Planta Baja, Edificio C

Entorno: Cristalera al lado de la puerta de entrada, Planta Baja, Edificio C.

Objetivo: Ver las pérdidas por inserción de una ventana.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la 1 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a tres alturas, 1.30 m, 1.50 m, y 1.70 m. evitando así los marcos de la ventana

Rango de frecuencias estudiadas: Un único tono a 5.60 GHz.

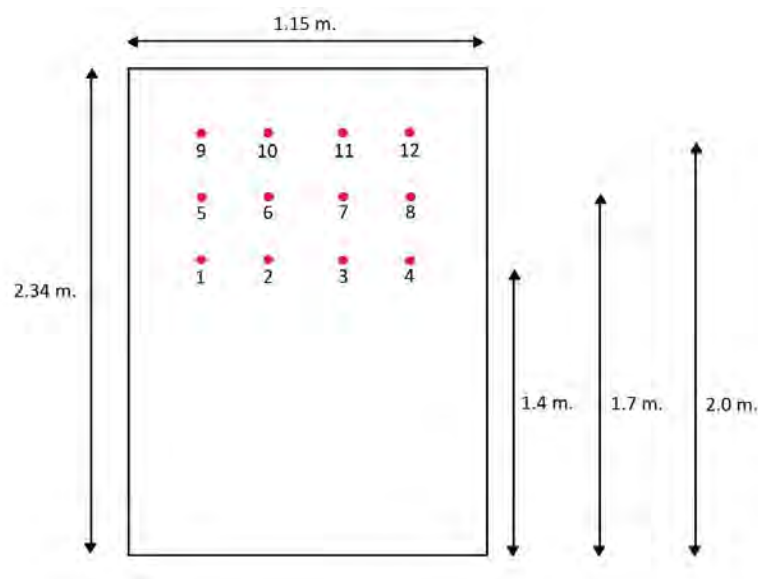


Figura 5.52: Esquema de posición de las antenas en la ventana, Planta Baja, Edificio C



Figura 5.53: Foto de la cristalera al lado de la puerta de entrada, Planta Baja, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.54 representa las pérdidas de inserción en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la situación de las antenas. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,04$ dB. La media de las medidas tomadas es de 5.46 dB.

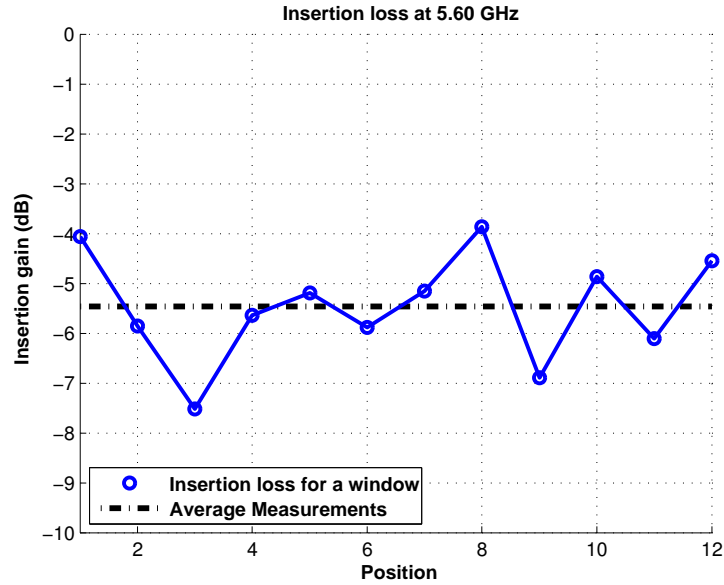


Figura 5.54: Inserción de un cristal, antenas 1 y 2, con polarización vertical

La Figura 5.55 representa las pérdidas de inserción en un tono a 5.60 GHz, con polarización horizontal, en función de la situación de las antenas. La desviación de los datos es de $\sigma = 0,67$ dB. La media de las medidas tomadas es de 4.53 dB.

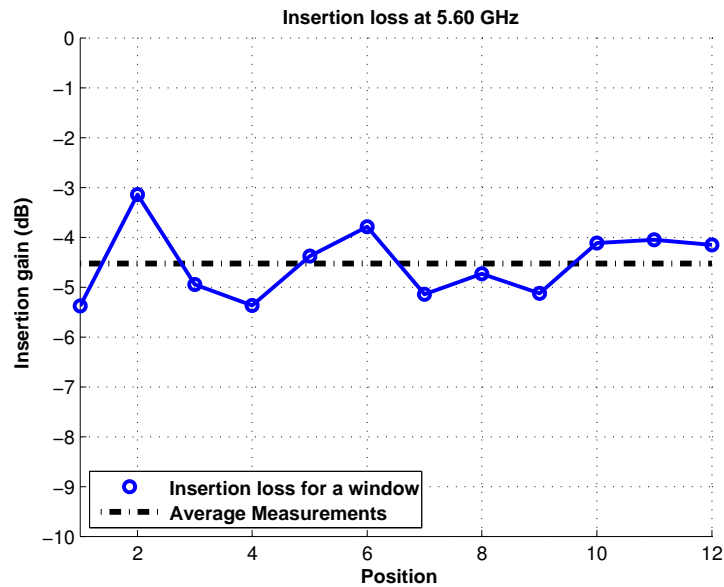


Figura 5.55: Inserción de un cristal, antenas 1 y 2, con polarización horizontal

5.1.3.2. Escenario 6: Puerta metálica con ojo de buey, Planta 1, Edificio C

Entorno: puerta de escalera secundaria, Primera Planta, Edificio C.

Objetivo: Ver las pérdidas por inserción de puerta metálica con ojo de buey Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la 1 como receptora. También se mide la antena 4 como emisora y la 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a tres alturas, 1.25 m, 1.55 m, y 1.85 m. para tener una medición justo en el centro del cristal, y que el resto de alturas queden fuera del cristal.

Rango de frecuencias estudiadas: Un único tono a 5.60 GHz.

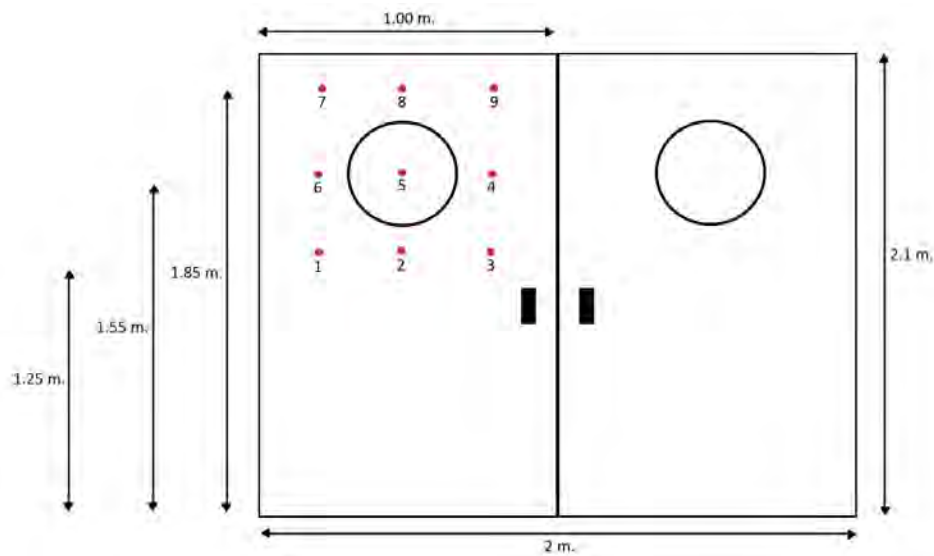


Figura 5.56: Esquema de posición de las antenas en la puerta, Planta 1, Edificio C



Figura 5.57: Foto de la puerta metálica con ojo de buey, Planta 1, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.58 representa las pérdidas de inserción de una puerta metálica con un ojo de buey en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la posición de las antenas. En esta figura se aprecia que el punto con menos pérdidas es el que corresponde a la ventana, y que los puntos mas alejados de la ventana muestran mayores pérdidas.

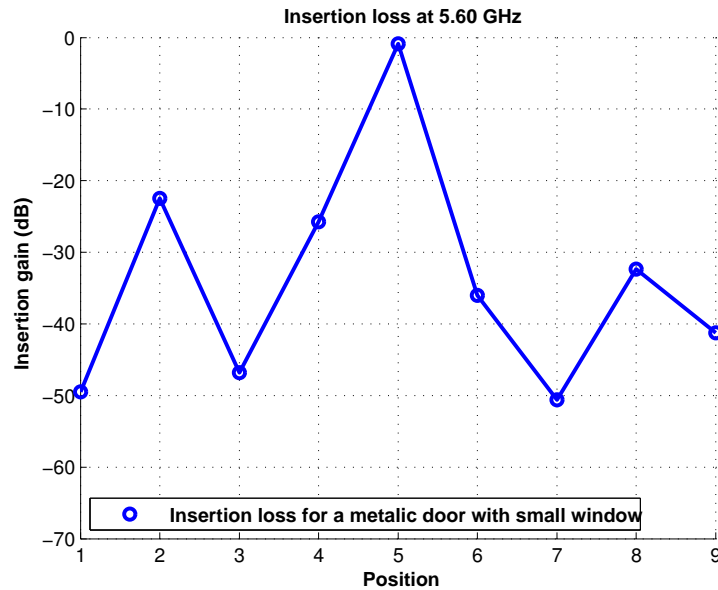


Figura 5.58: Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 1 y 2, con polarización vertical

La Figura 5.59 representa las pérdidas de inserción de una puerta metálica con un ojo de buey en un tono a 5.60 GHz, con polarización horizontal, en función de la posición de las antenas.

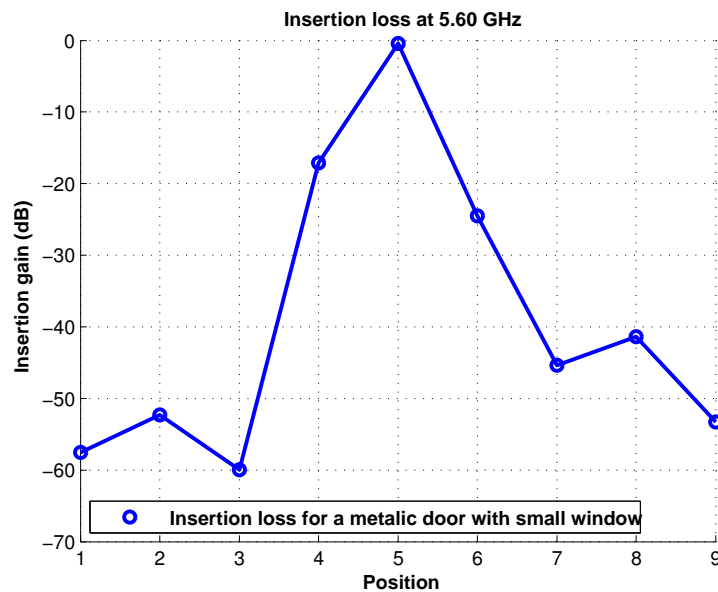


Figura 5.59: Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 1 y 2, con polarización horizontal

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.60 representa las pérdidas de inserción de una puerta metálica con un ojo de buey en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la posición de las antenas. En este caso, al igual que en el caso de la Figura 5.61, al tener antenas menos directivas hay mas difracción, por lo que las pérdidas en los puntos mas alejados de la ventana son mucho menores que los vistos en las figuras 5.58 y 5.59.

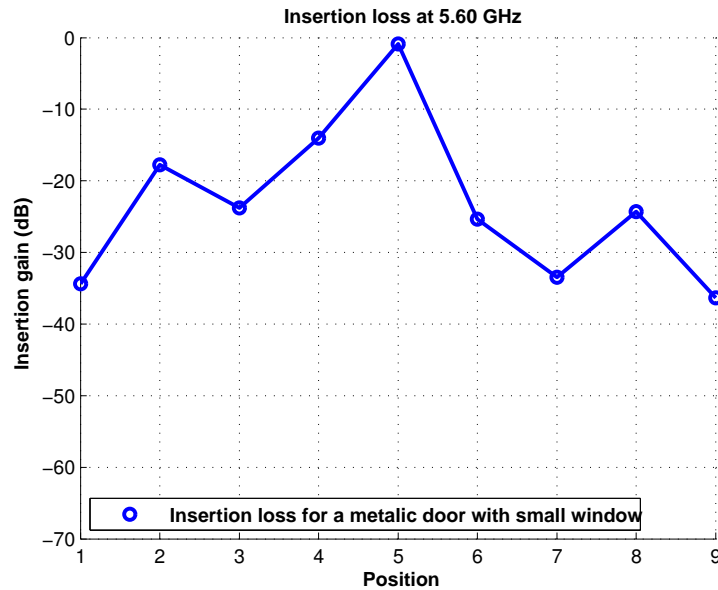


Figura 5.60: Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 3 y 4, con polarización vertical

La Figura 5.61 representa las pérdidas de inserción de una puerta metálica con un ojo de buey en un tono a 5.60 GHz, con polarización horizontal, en función de la posición de las antenas.

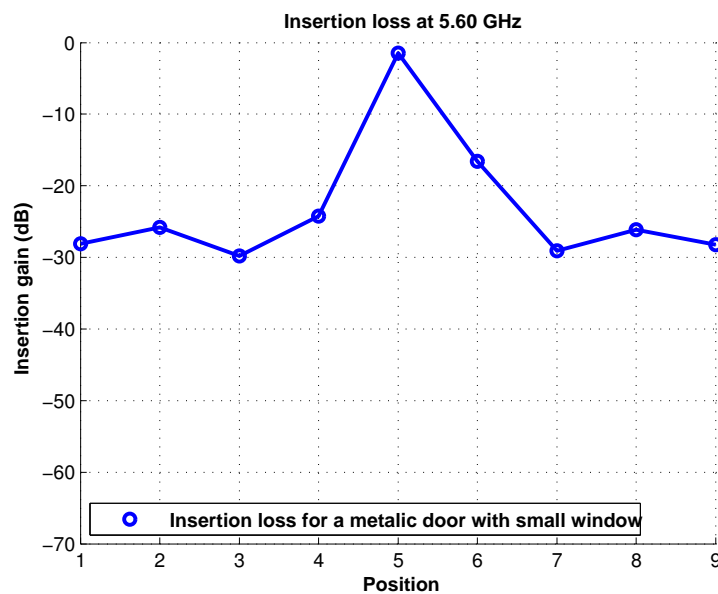


Figura 5.61: Inserción de puerta metálica con ojo de buey, antenas 3 y 4, con polarización horizontal

En la Tabla 5.4 se muestran las medias y las desviaciones típicas de las pérdidas de inserción de una ventana con cristal doble con cámara de aire.

Tabla 5.4: Media y desviación de las pérdidas de inserción de una ventana

Polarización	Media (dB)	Desviación (dB)
Vertical	5.46	1.04
Horizontal	4.53	0.67

En la Tabla 5.5 se muestran las pérdidas de inserción de una puerta metálica con ojo de buey en las distintas posiciones analizadas.

Tabla 5.5: Pérdidas de inserción de una puerta metálica con ojo de buey

Posición de antena	Antena 1		Antena 3 y 4	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
1	49.52	57.56	33.09	28.07
2	22.50	52.27	16.45	25.79
3	46.81	59.97	22.51	30.33
4	25.77	17.10	12.74	24.23
5	0.85	0.40	0.43	1.47
6	36.02	24.50	24.06	16.61
7	50.58	45.40	32.14	29.09
8	32.34	41.35	23.03	26.11
9	41.23	53.27	35.05	28.22

Los datos presentados en las tablas 5.4 y 5.5 muestran de forma resumida los datos representados gráficamente en los apartados 5.1.3.1 y 5.1.3.2.

Conclusiones:

Como se ha visto las pérdidas introducidas por la ventana de cristal son en torno a 5 dB con poca desviación. Las pérdidas son tan altas debido sobre todo a tratarse de un cristal doble con cámara de aire en su interior.

En el caso de la puerta metálica, se aprecia que las pérdidas en la posición del cristal son muy bajas, en torno a 1 dB ya que es un cristal simple. En el resto de puntos las pérdidas son muy altas ya que toda la potencia que puede llegar es la que viene por reflexión y difracción desde el cristal. En estas posiciones puede verse que cuando se trabaja con antenas menos directivas (antenas 3 y 4) las pérdidas en estos puntos son mas bajas que con las antenas mas directivas, ya que la potencia que emiten las antenas 1 y 2 en dirección al cristal es mas baja.

5.1.4. Escenario 7: Pérdidas de propagación con columnas

En este escenario queremos ver como afectan las pérdidas por propagación y difracción con columnas en la línea de visión. Comprobaremos que estas pérdidas por lo general disminuyen conforme se separan las antenas de la columna.

5.1.4.1. Caso 1

Entorno: Pasillo con columnas de la Planta Baja del Edificio C. Las regiones grises en las gráficas de pérdidas de propagación representan las columnas.

Objetivo: Ver el efecto conjunto de las pérdidas de propagación y difracción de una y dos columnas separadas 2.5 m.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a tres alturas distintas, se representa la media de las medidas.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 a 5.605 GHz.

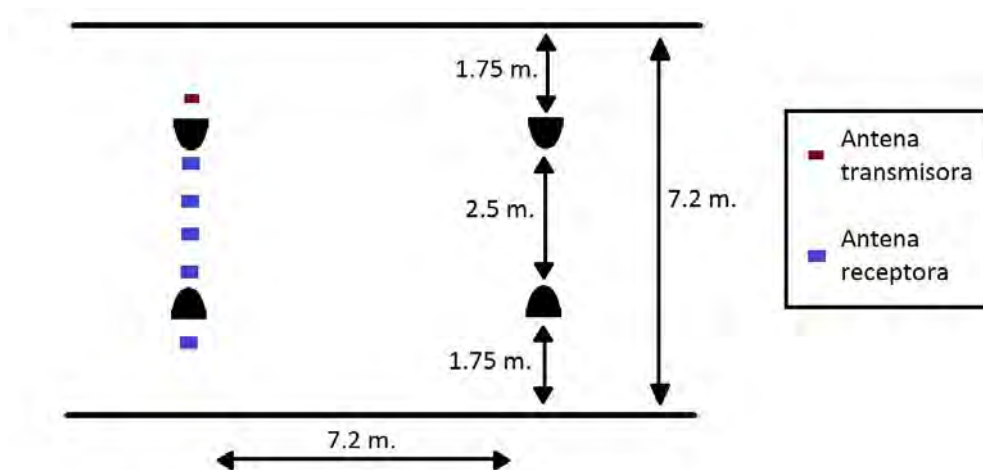


Figura 5.62: Esquema de situación de las antenas respecto a las columnas, caso 1



Figura 5.63: Foto de la Planta Baja con columnas del Edificio C, caso 1

En la Figura 5.62 se puede ver un esquema de las distintas posiciones estudiadas en este escenario.

En la Figura 5.64 se representan algunas de las posibles reflexiones que se pueden dar en este escenario en una de las posiciones intermedias. En la Figura 5.65 se representan las posibles reflexiones que se pueden dar en este escenario en la última posición estudiada.

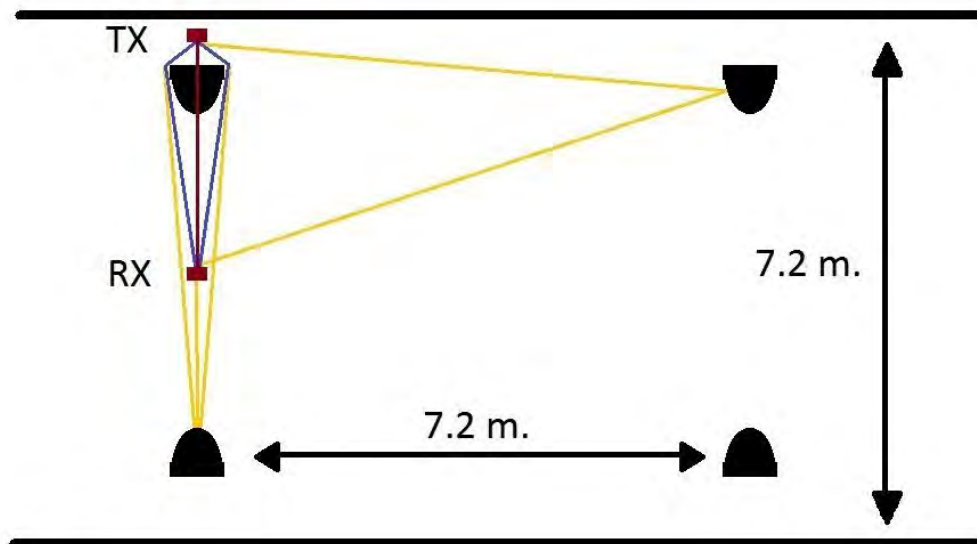


Figura 5.64: Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido

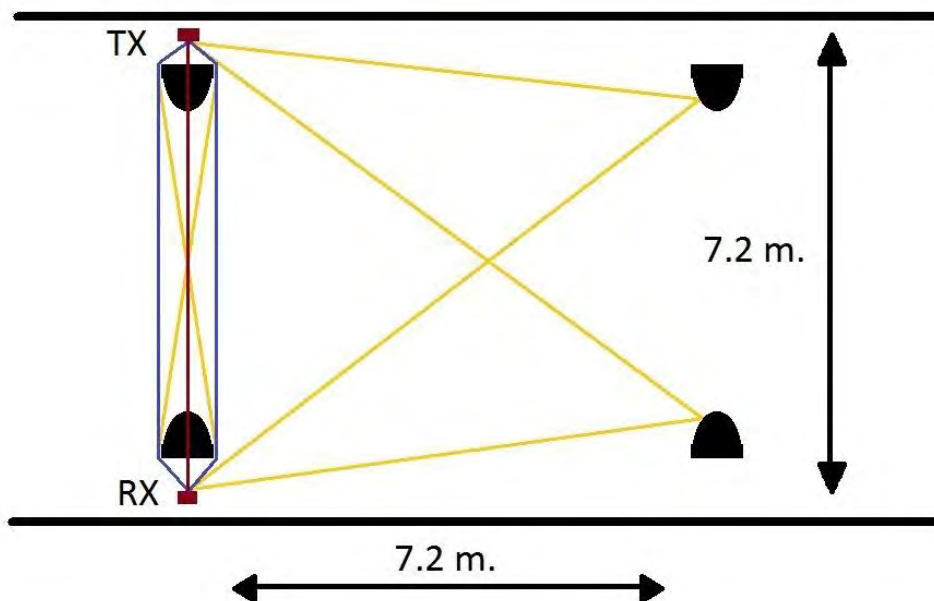


Figura 5.65: Posibles reflexiones en la última posición del recorrido

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.66 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,28$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 10.58 dB.

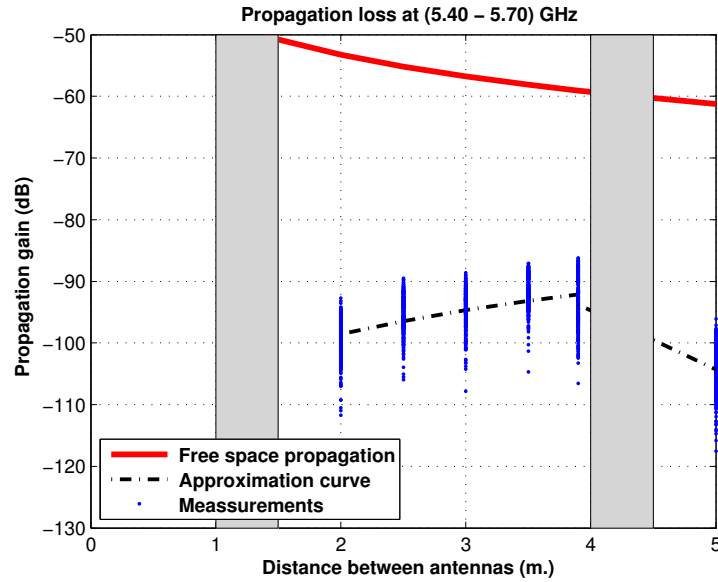


Figura 5.66: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.67 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,26$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 16.98 dB.

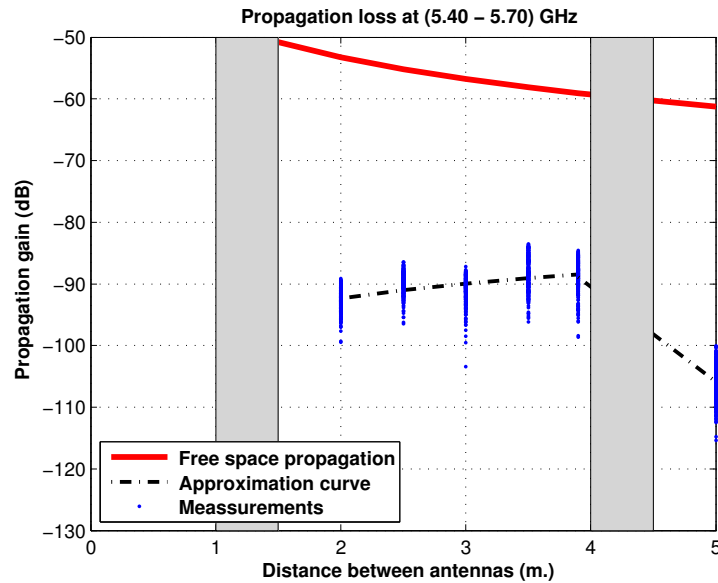


Figura 5.67: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.68 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,59$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 15.25 dB.

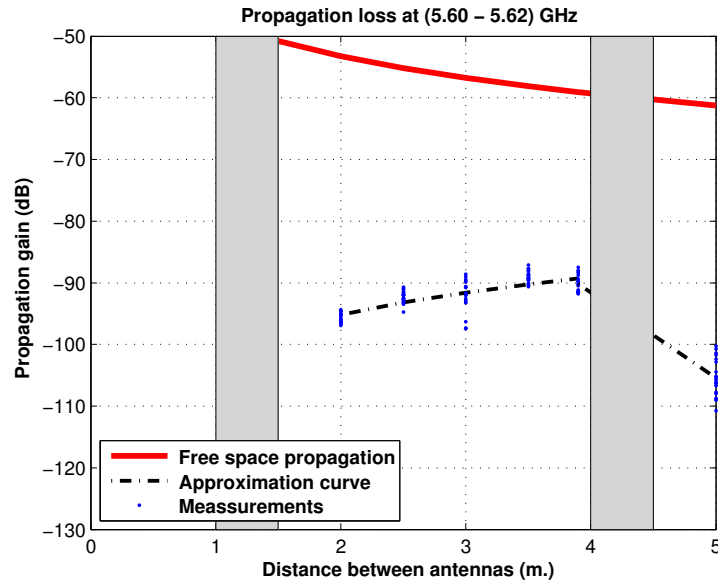


Figura 5.68: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.69 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,05$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 16.79 dB.

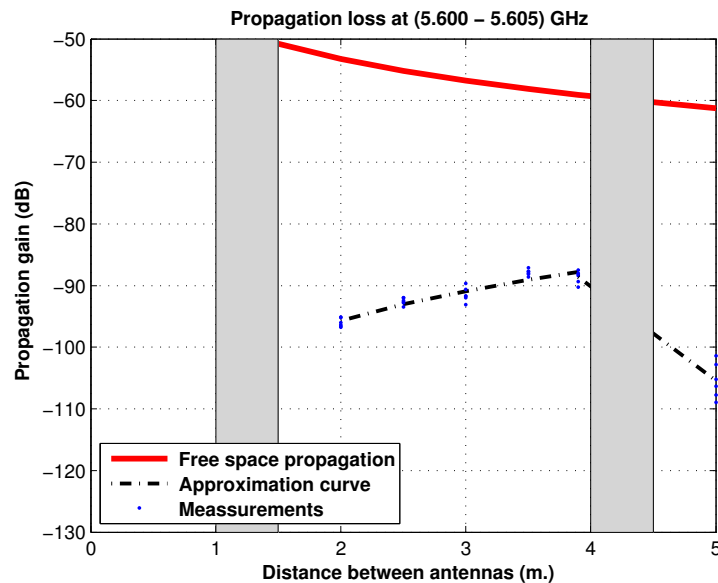


Figura 5.69: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.70 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 4,05$ dB.

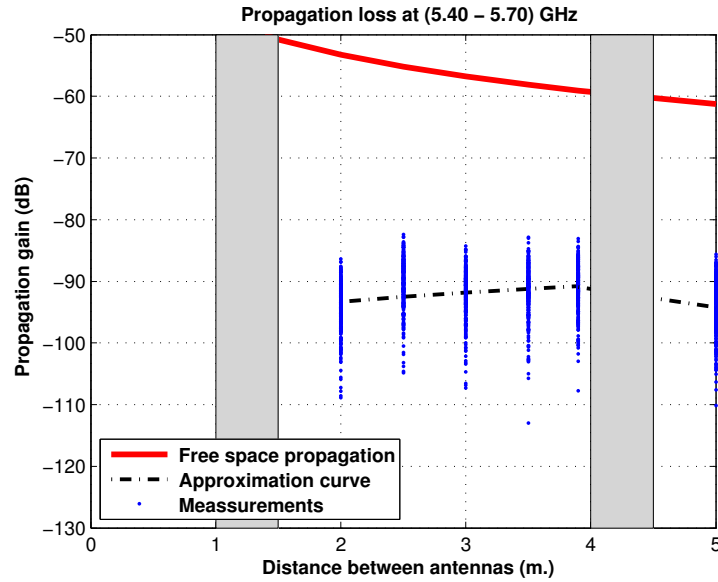


Figura 5.70: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.71 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,06$ dB.

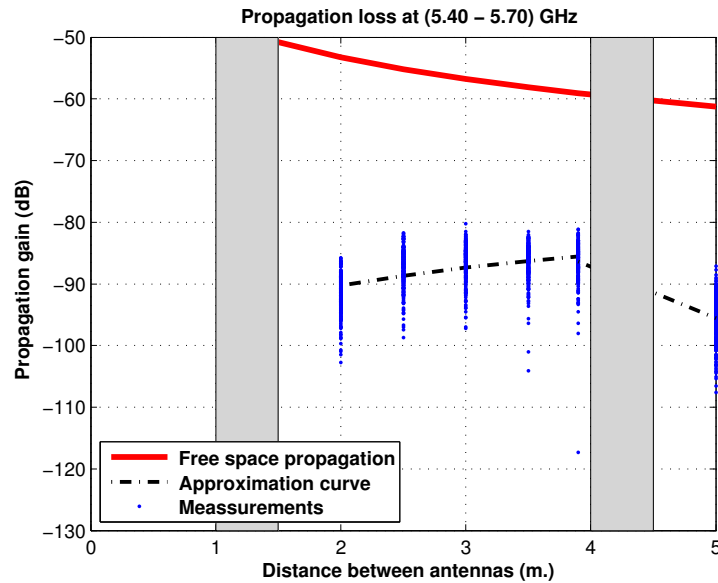


Figura 5.71: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.72 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,65$ dB.

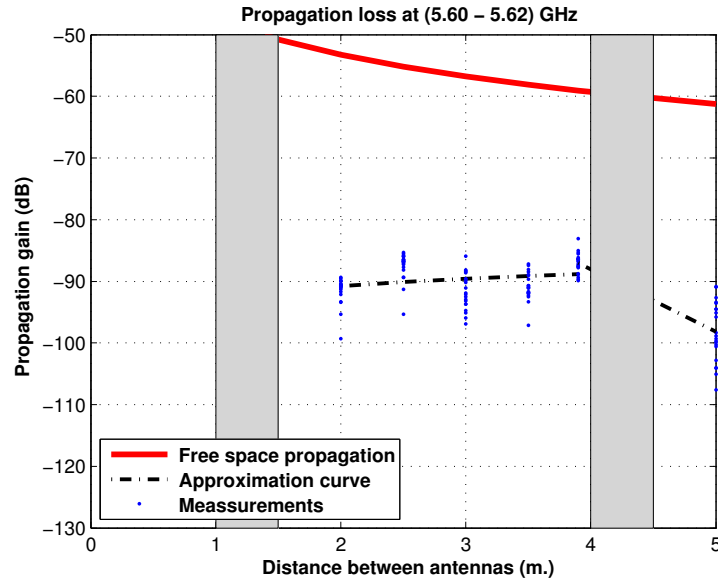


Figura 5.72: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.73 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,89$ dB.

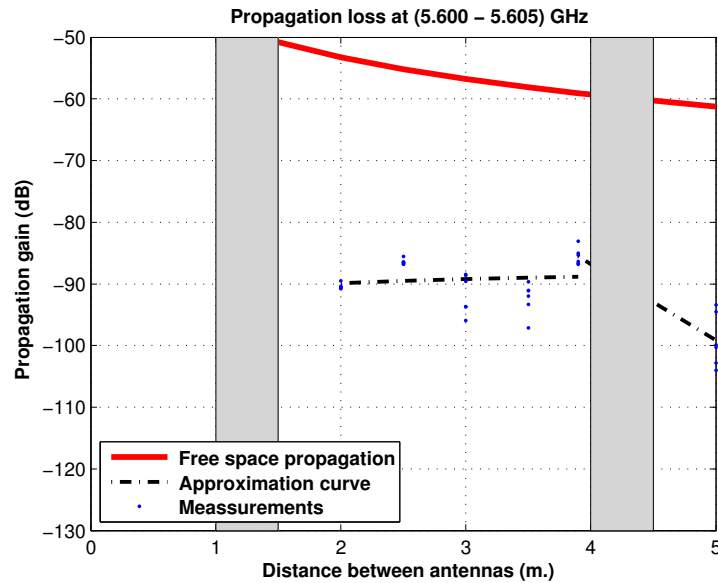


Figura 5.73: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.74 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 4,05$ dB.

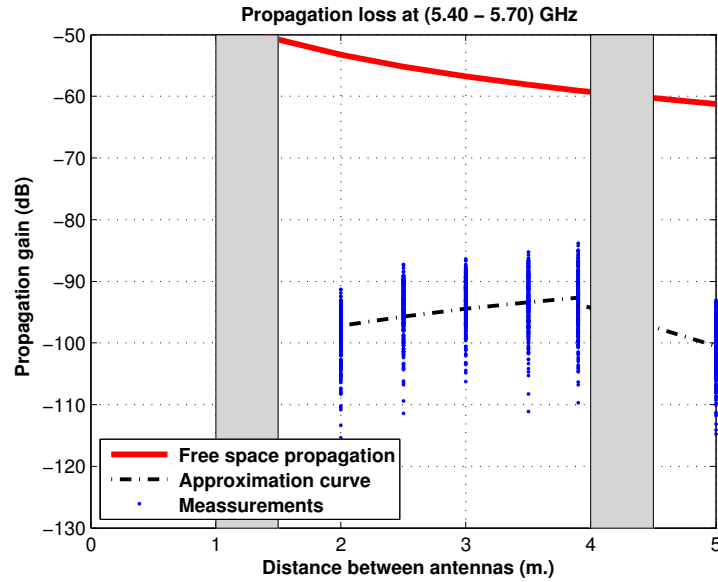


Figura 5.74: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.75 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,69$ dB.

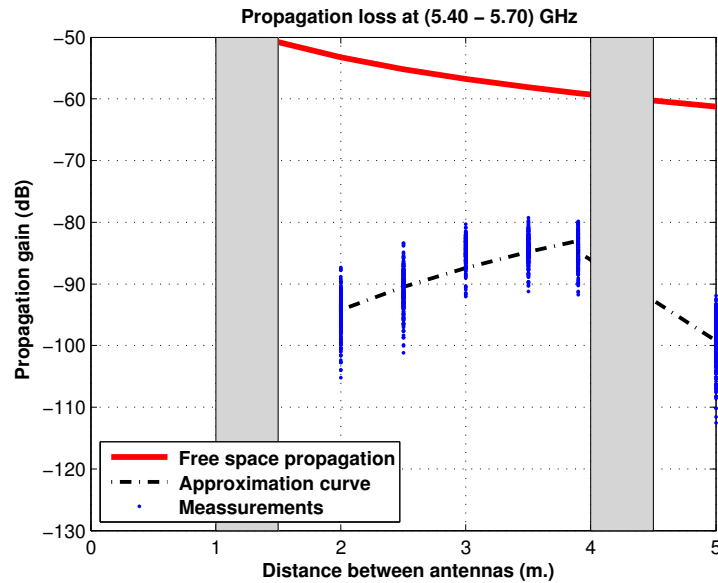


Figura 5.75: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.76 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,80$ dB.

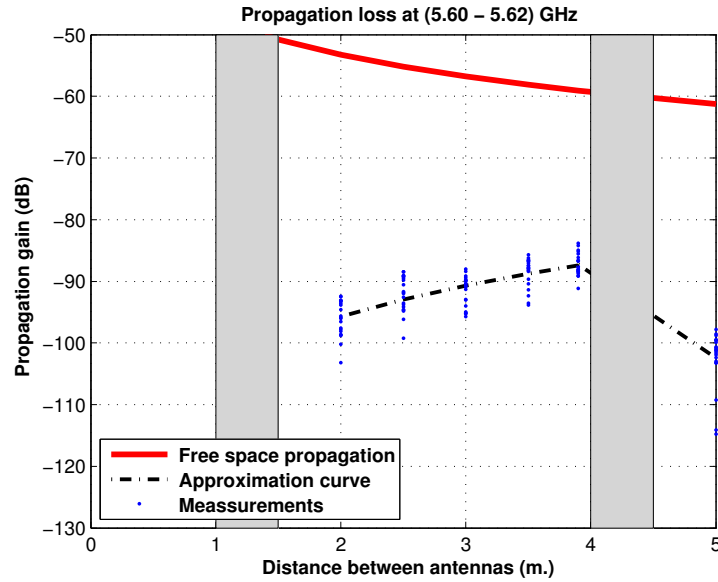


Figura 5.76: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.77 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,72$ dB.

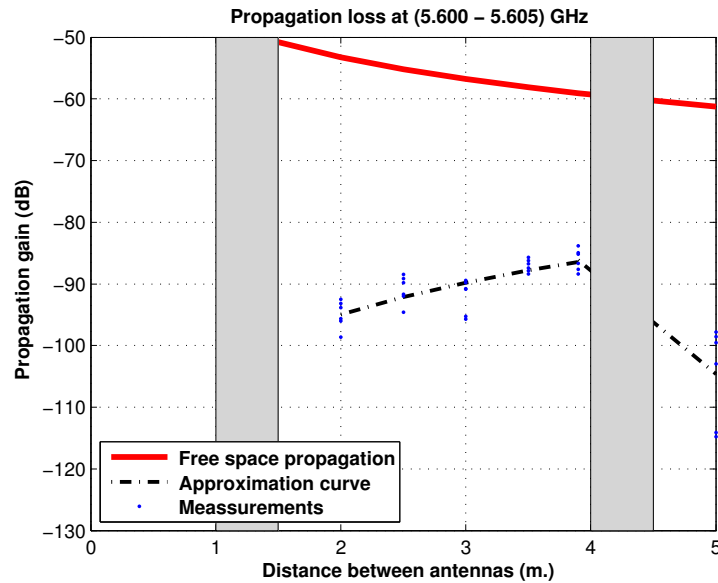


Figura 5.77: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.78 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,87$ dB.

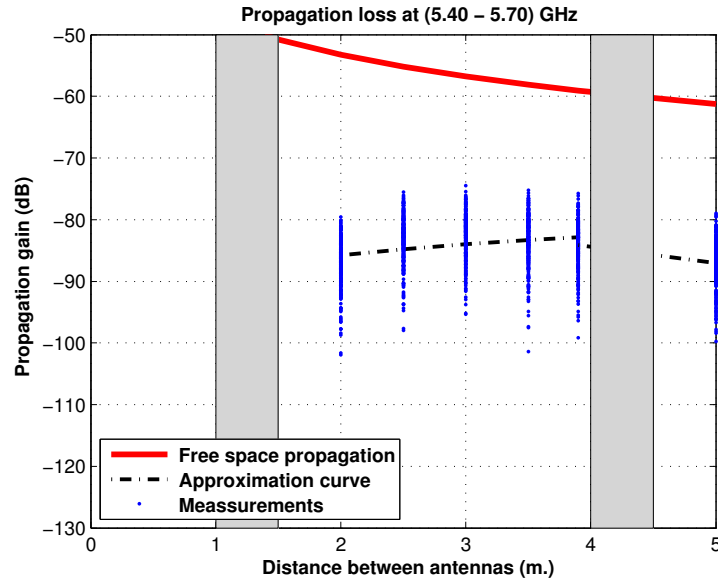


Figura 5.78: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.79 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,26$ dB.

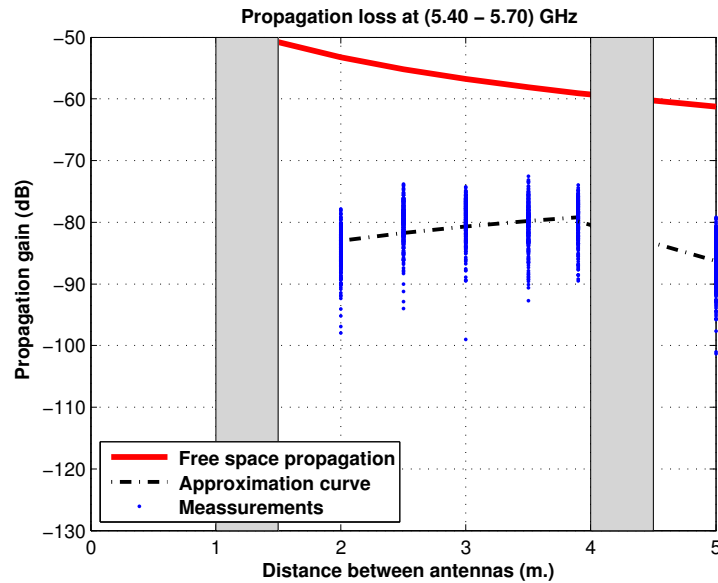


Figura 5.79: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.80 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,69$ dB.

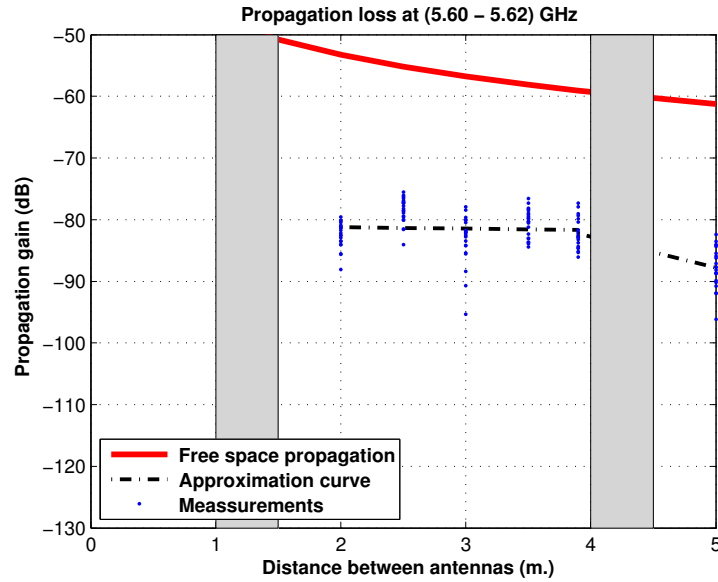


Figura 5.80: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.81 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,54$ dB.

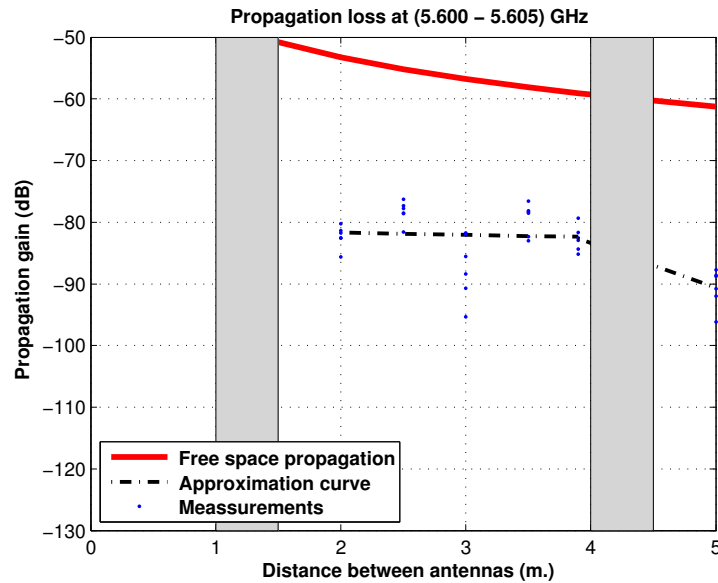


Figura 5.81: Pérdidas por columnas, caso 1, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

5.1.4.2. Caso 2

Entorno: Pasillo con columnas de la Planta Baja del Edificio C. Las regiones grises en las gráficas de pérdidas de propagación representan las columnas.

Objetivo: Ver el efecto conjunto de las pérdidas de propagación y difracción de una y dos columnas separadas 7.2 m. hasta la distancia máxima que permita el equipo.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora, aunque con estas ultimas solo se mide hasta la segunda columna, ya que se estaba trabajando en el limite del rango dinámico del equipo.

Altura de las antenas: Se trabaja a tres alturas distintas, se representa la media de las medidas.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 a 5.605 GHz.

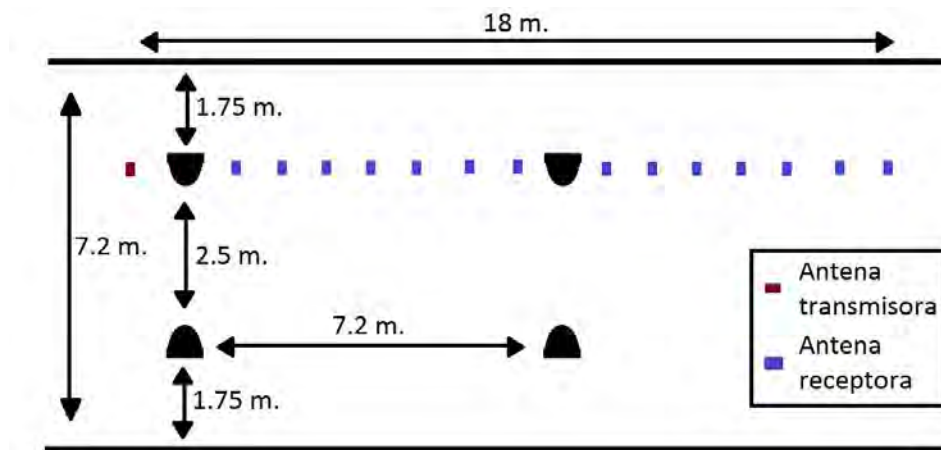


Figura 5.82: Esquema de situación de las antenas respecto de las columnas, caso 2



Figura 5.83: Foto de la Planta Baja con columnas del Edificio C, caso 2

En la Figura 5.82 se puede ver un esquema de las distintas posiciones estudiadas en este escenario.

En la Figura 5.84 se representan algunas de las posibles reflexiones que se pueden dar en este escenario en una de las posiciones intermedias. En la Figura 5.85 se representan otras posibles reflexiones que se pueden dar en este escenario en la última posición estudiada.

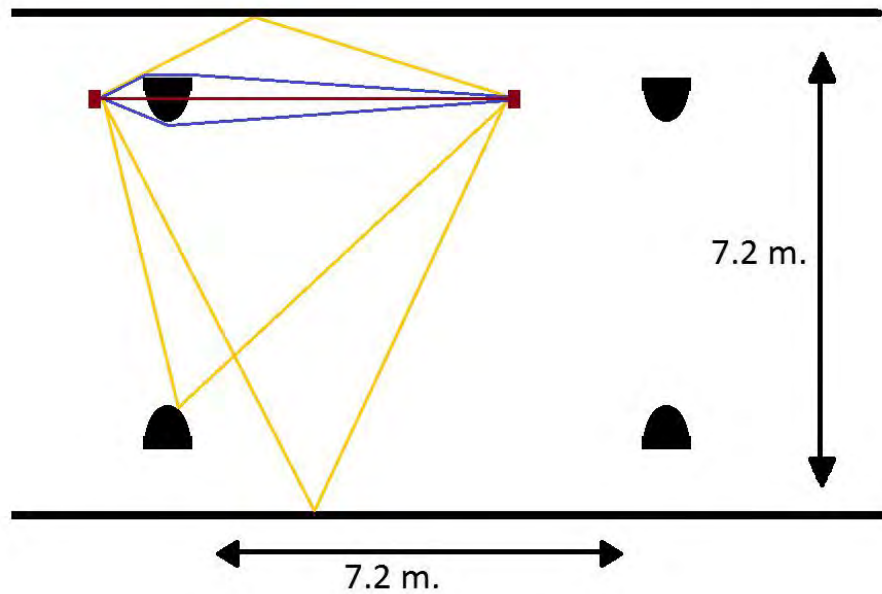


Figura 5.84: Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido con una columna

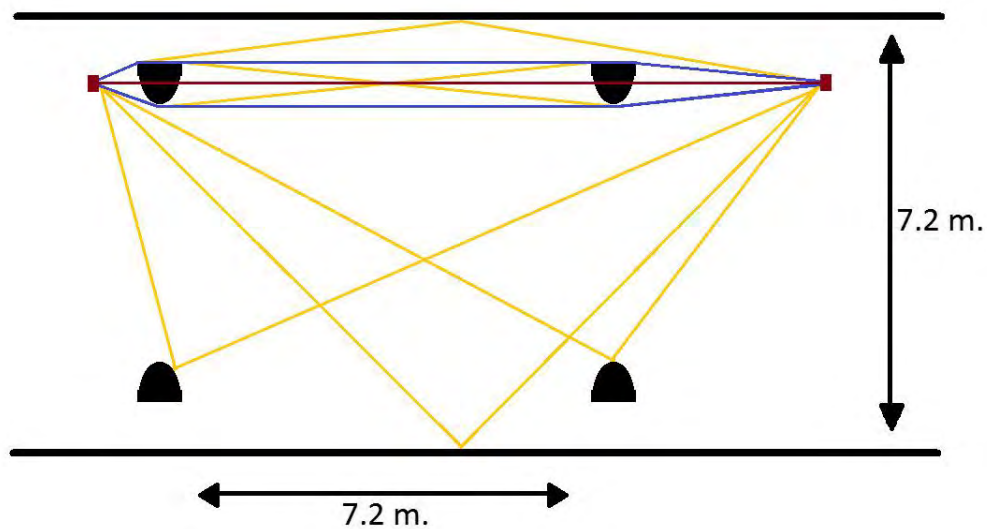


Figura 5.85: Posibles reflexiones en una posición intermedia del recorrido con dos columnas

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.86 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,09$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 8.47 dB.

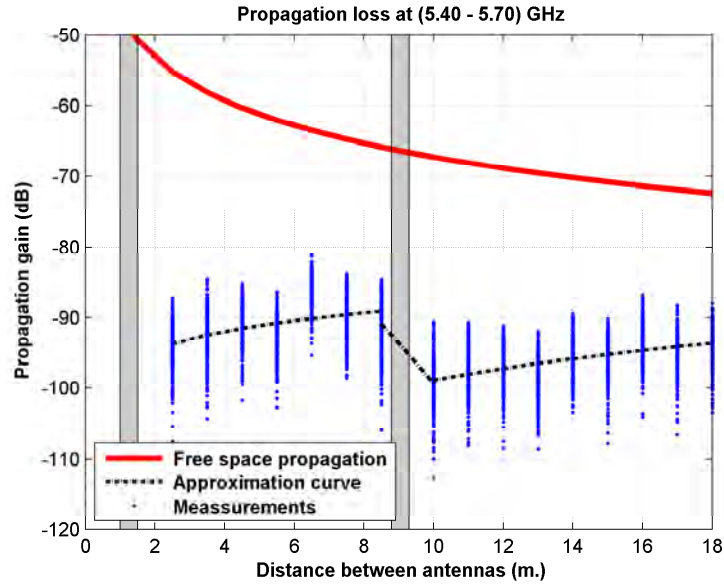


Figura 5.86: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.87 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,56$ dB. Las pérdidas introducidas por la segunda columna son de 15.83 dB.

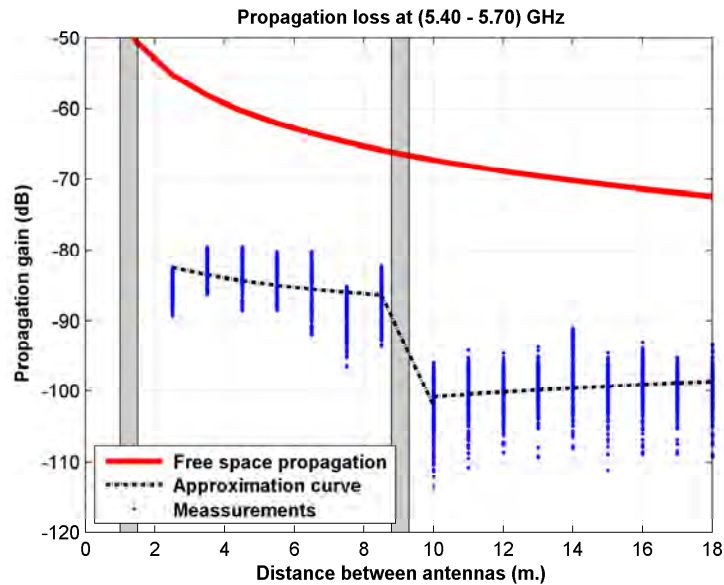


Figura 5.87: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.88 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,07$ dB.

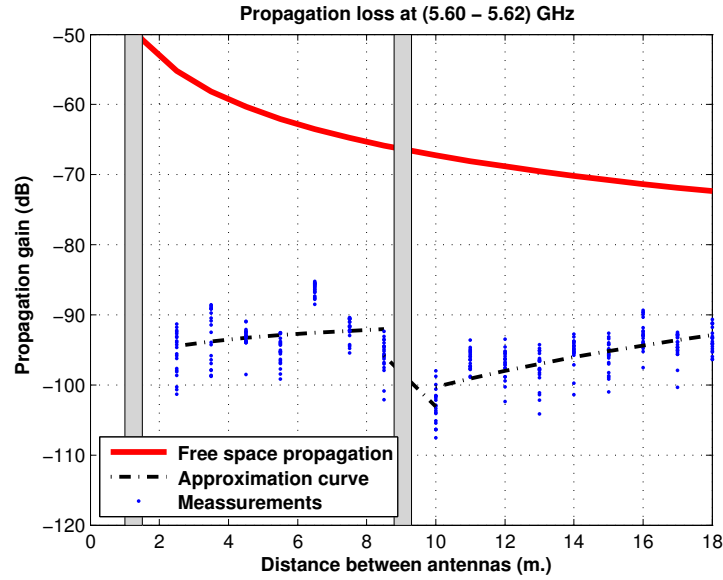


Figura 5.88: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.89 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,25$ dB.

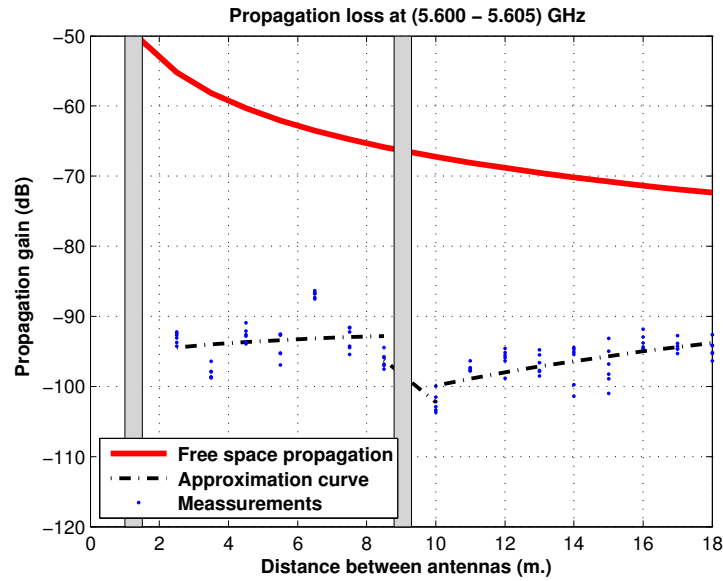


Figura 5.89: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.90 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,69$ dB.

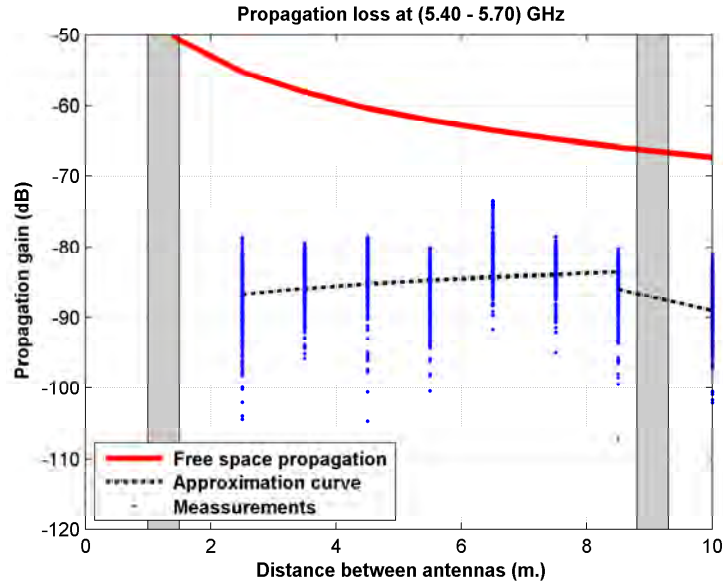


Figura 5.90: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.91 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,61$ dB.

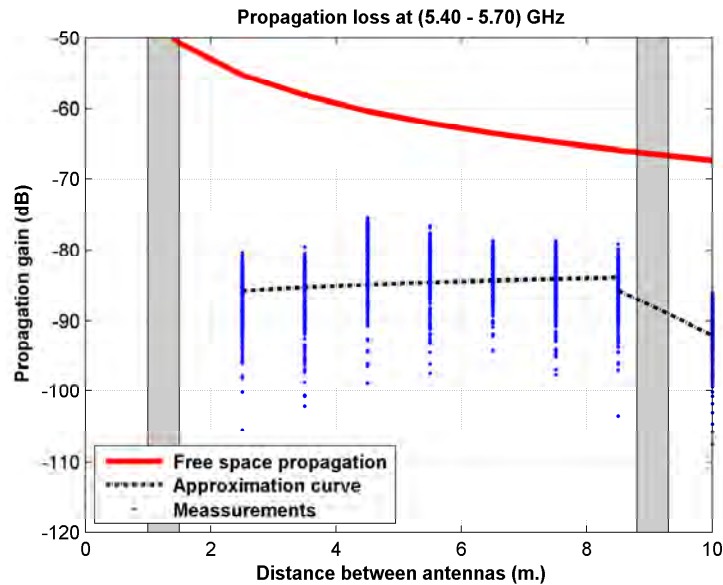


Figura 5.91: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.92 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,02$ dB.

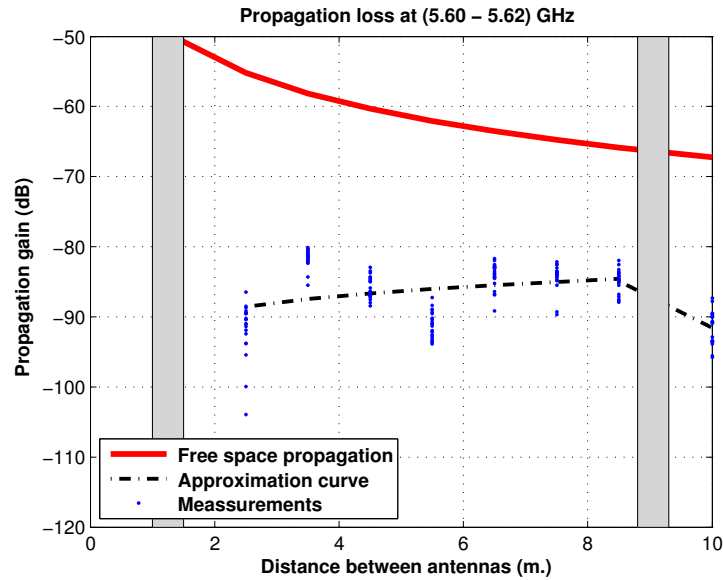


Figura 5.92: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.93 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,64$ dB.

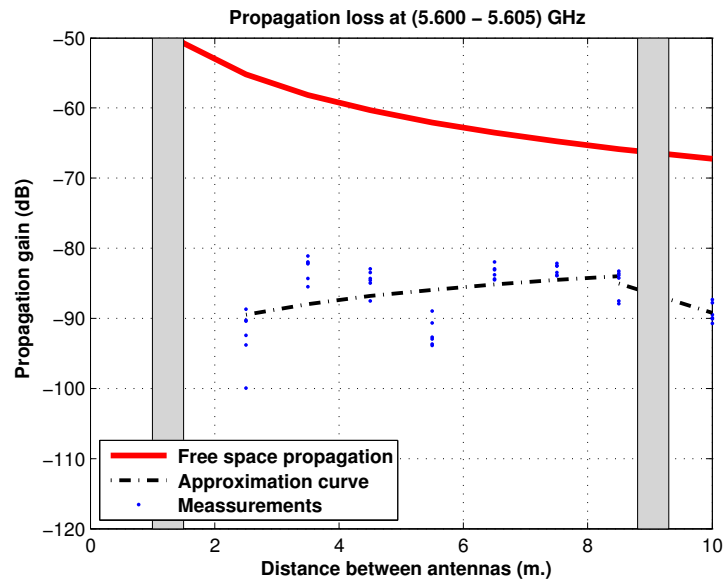


Figura 5.93: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.94 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,64$ dB.

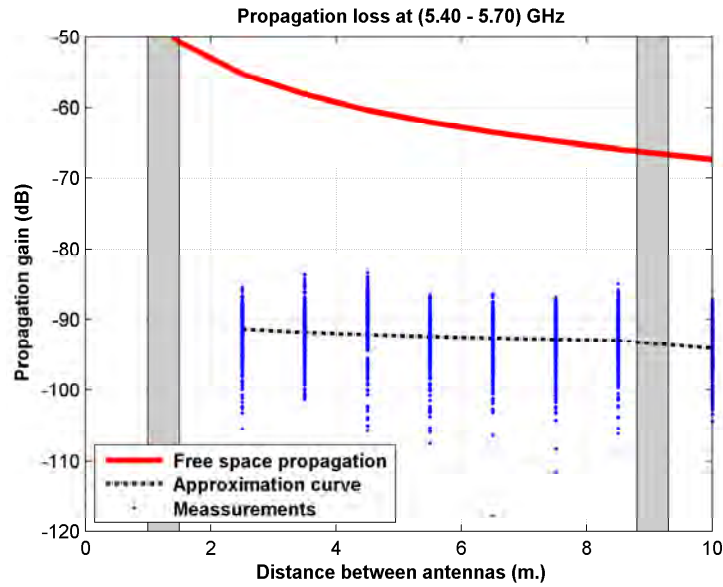


Figura 5.94: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.95 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,12$ dB.

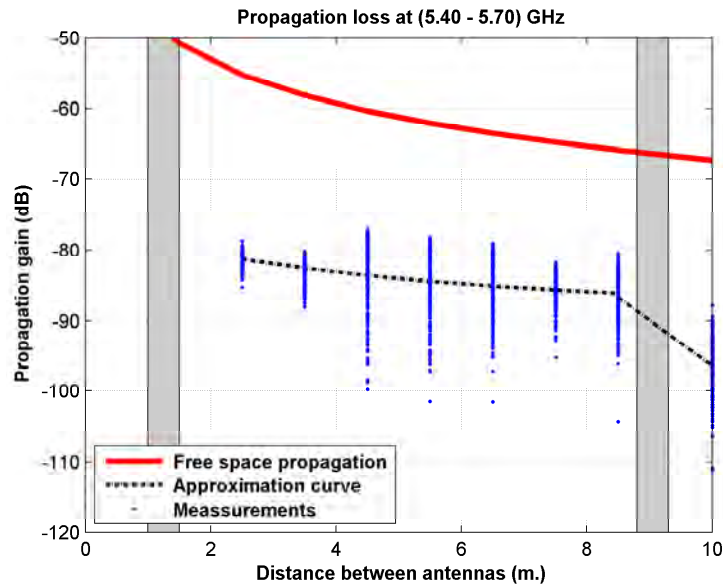


Figura 5.95: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.96 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,80$ dB.

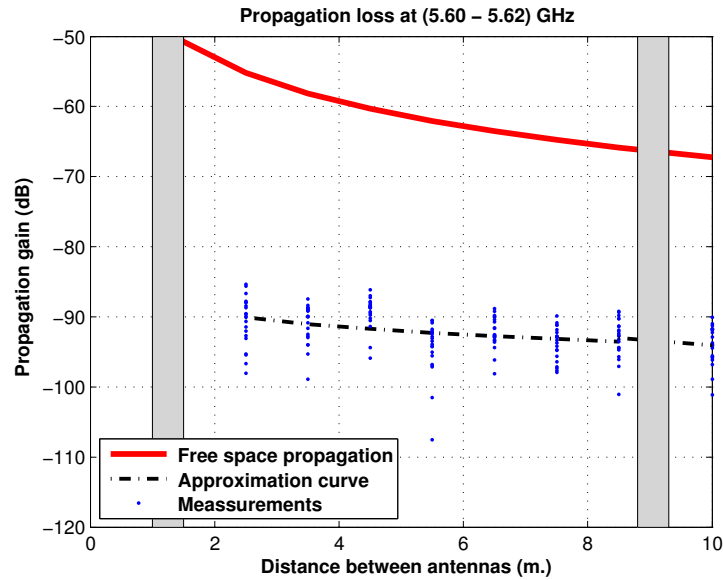


Figura 5.96: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.97 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,27$ dB.

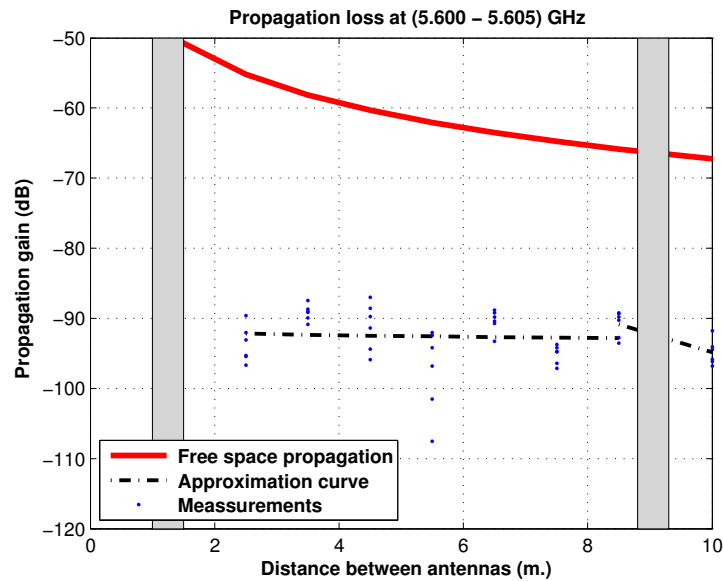


Figura 5.97: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.98 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,94$ dB.

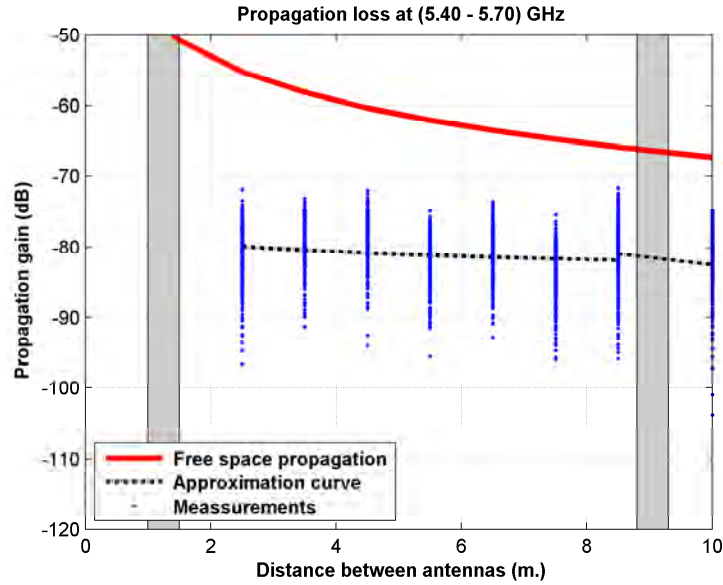


Figura 5.98: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.99 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,67$ dB.

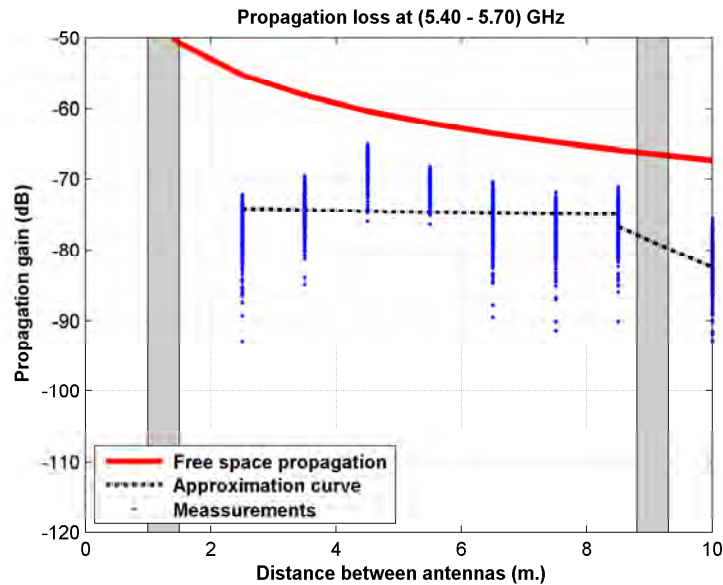


Figura 5.99: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.100 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,90$ dB.

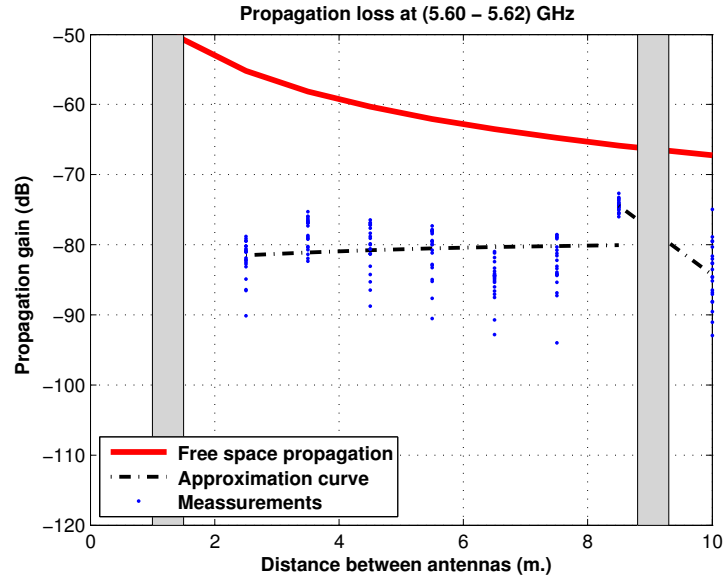


Figura 5.100: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.101 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,33$ dB.

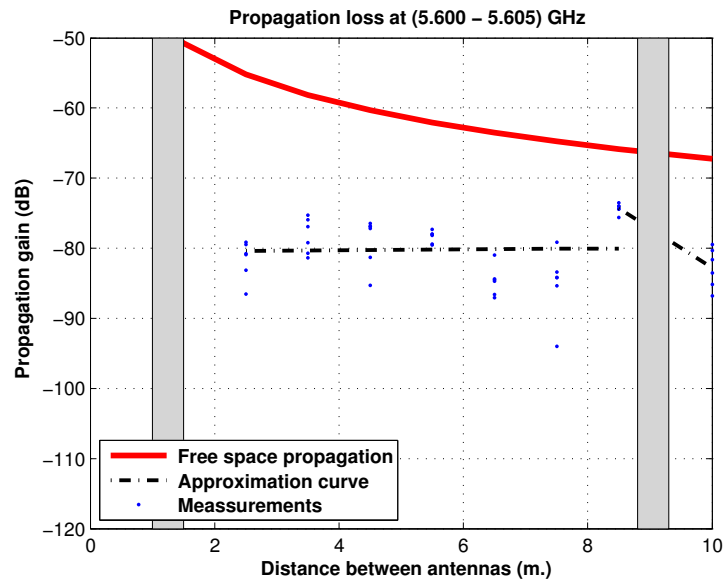


Figura 5.101: Pérdidas por columnas, caso 2, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.104 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,05$ dB.

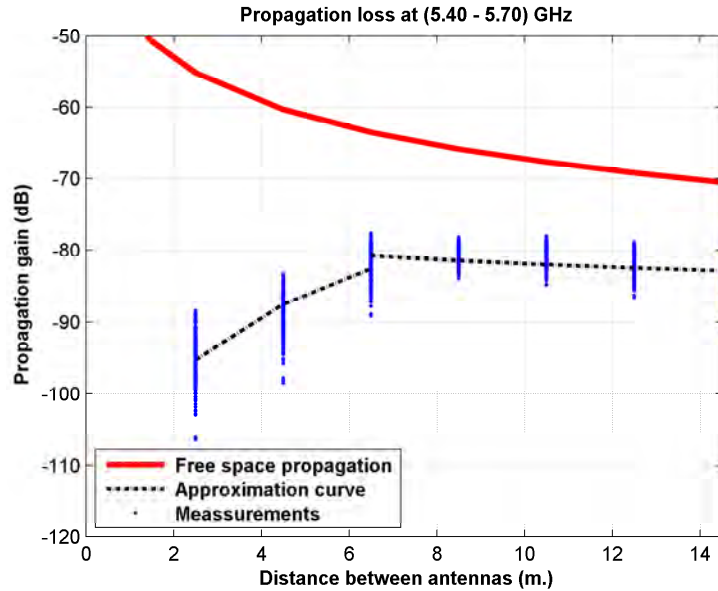


Figura 5.104: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.105 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,62$ dB.

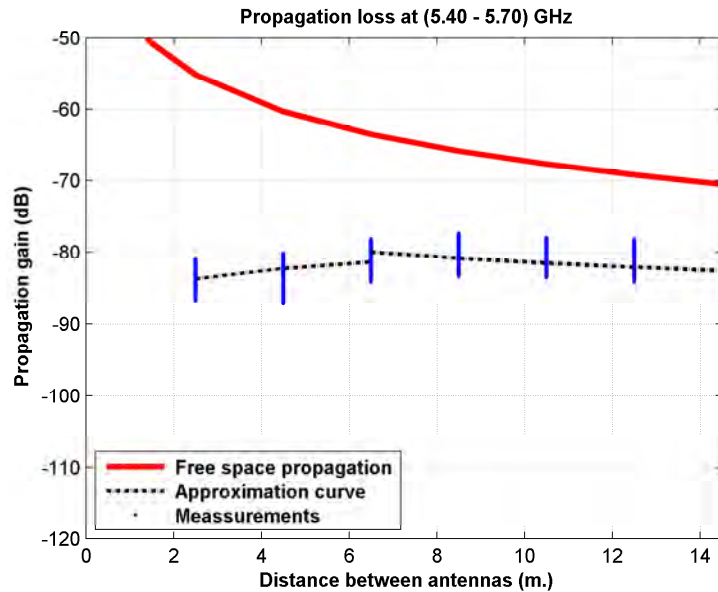


Figura 5.105: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.106 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 0,85$ dB.

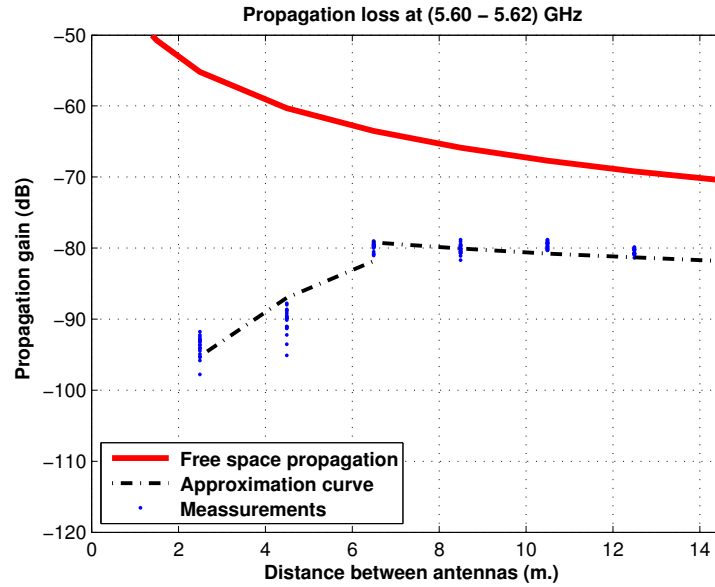


Figura 5.106: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.107 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 0,56$ dB.

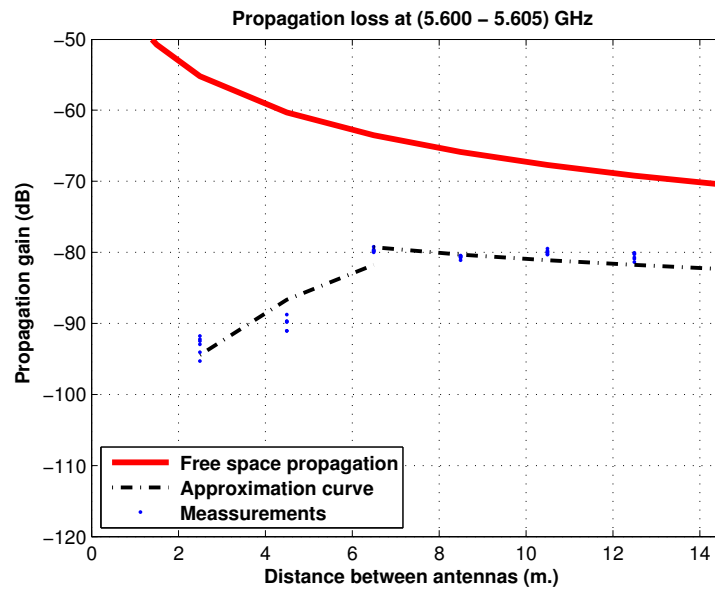


Figura 5.107: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 1 y 2, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.108 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,71$ dB.

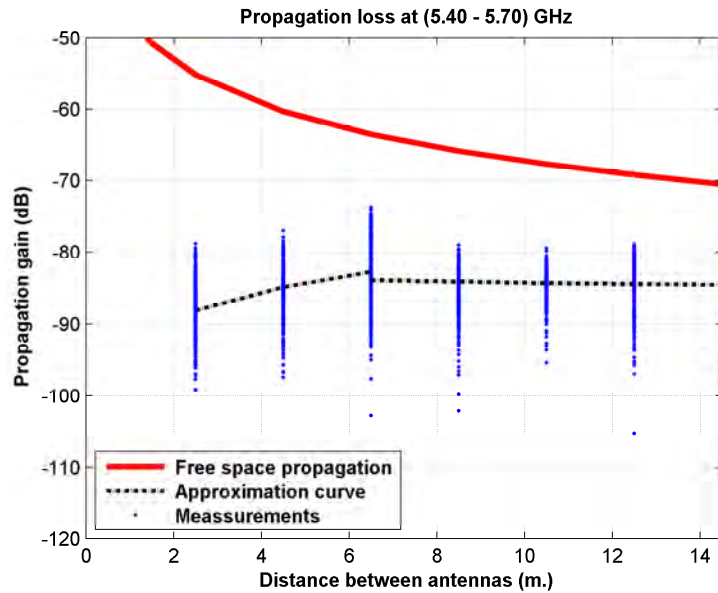


Figura 5.108: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.109 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,06$ dB.

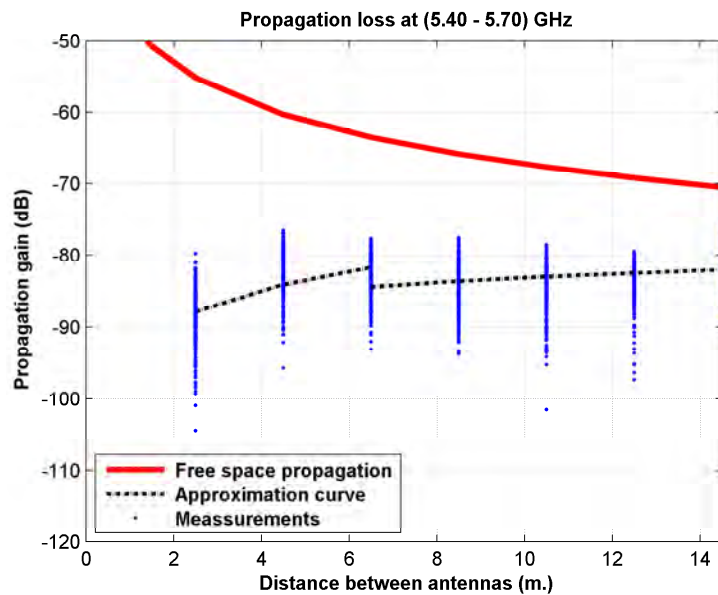


Figura 5.109: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.110 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,37$ dB.

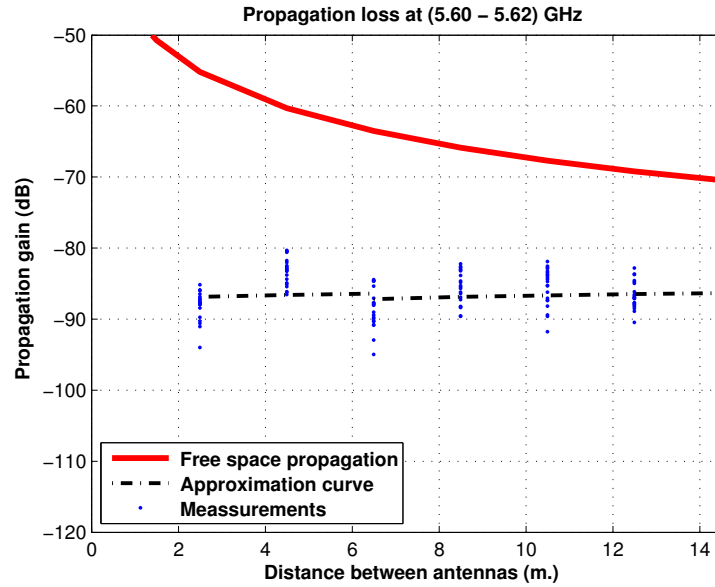


Figura 5.110: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.111 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,51$ dB. La media de las medidas es de -67.21 dB.

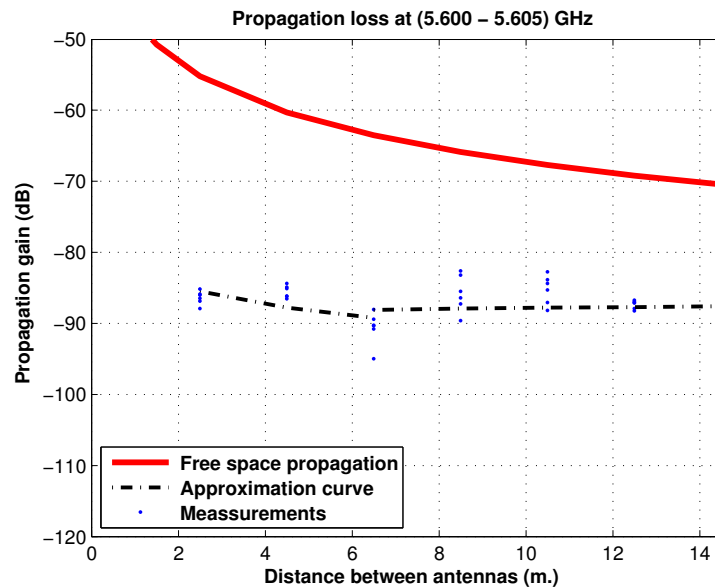


Figura 5.111: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.112 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,00$ dB.

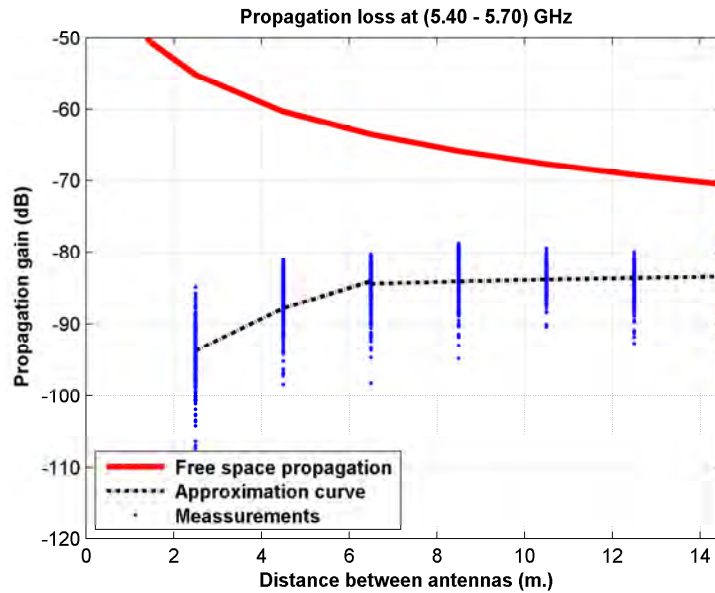


Figura 5.112: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.113 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,71$ dB.

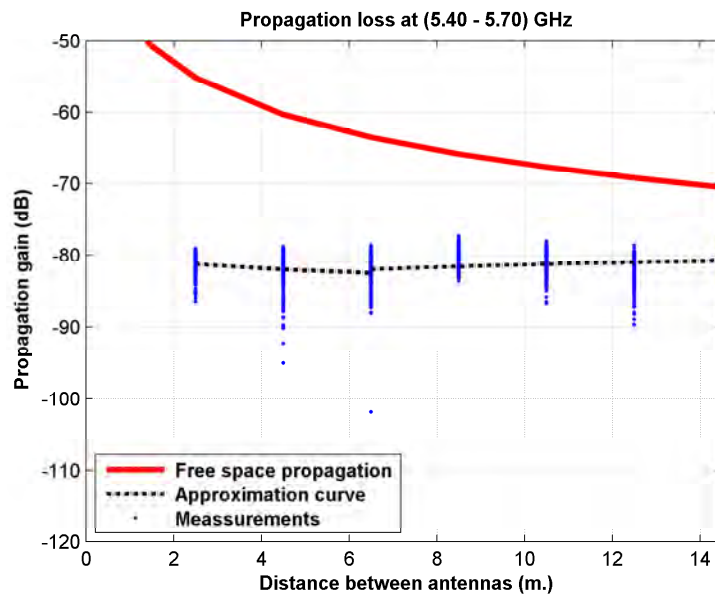


Figura 5.113: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, toda la banda, polarización horizontal

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.114 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,38$ dB.

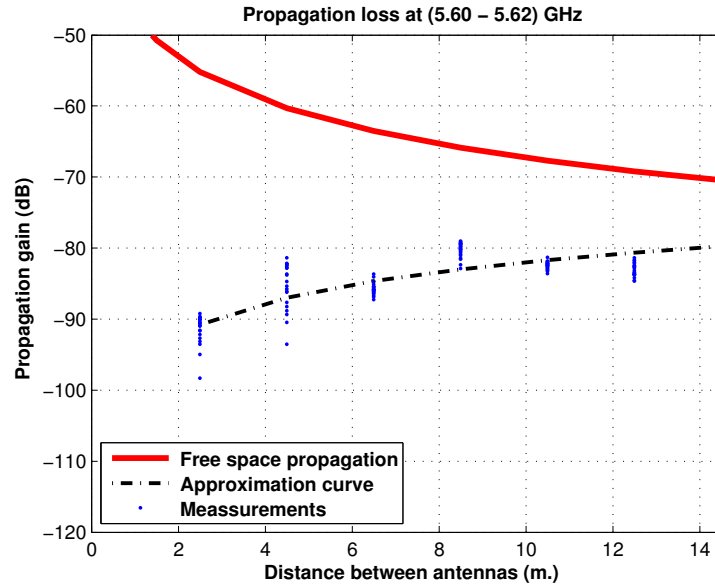


Figura 5.114: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.115 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,22$ dB.

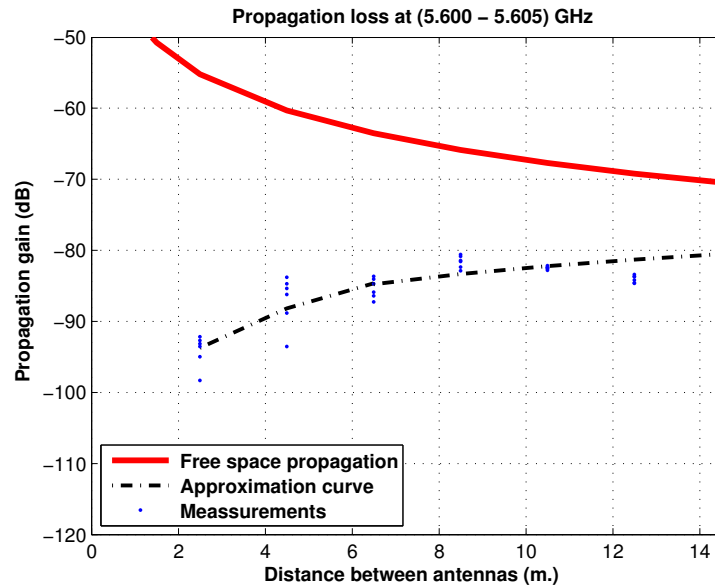


Figura 5.115: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 2 y 4, canal de 5 MHz, polarización vertical

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.116 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,67$ dB.

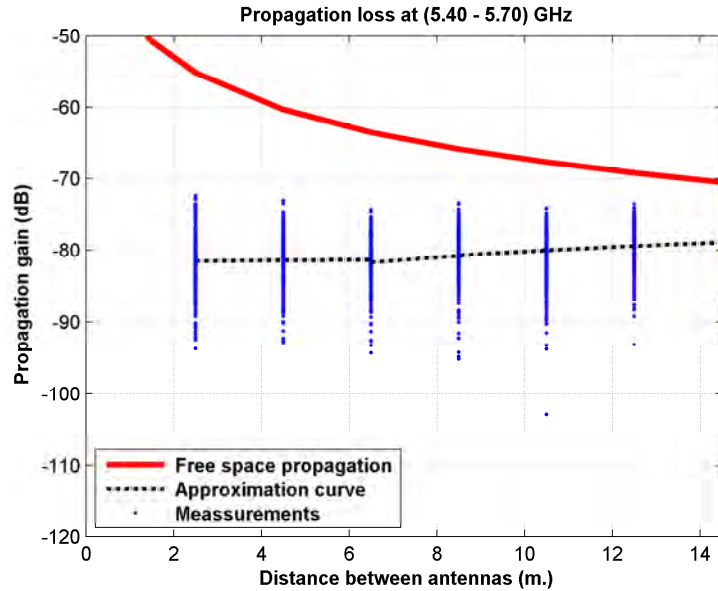


Figura 5.116: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.117 representa las pérdidas de propagación con columnas en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización horizontal. La desviación de los datos es de $\sigma = 3,40$ dB.

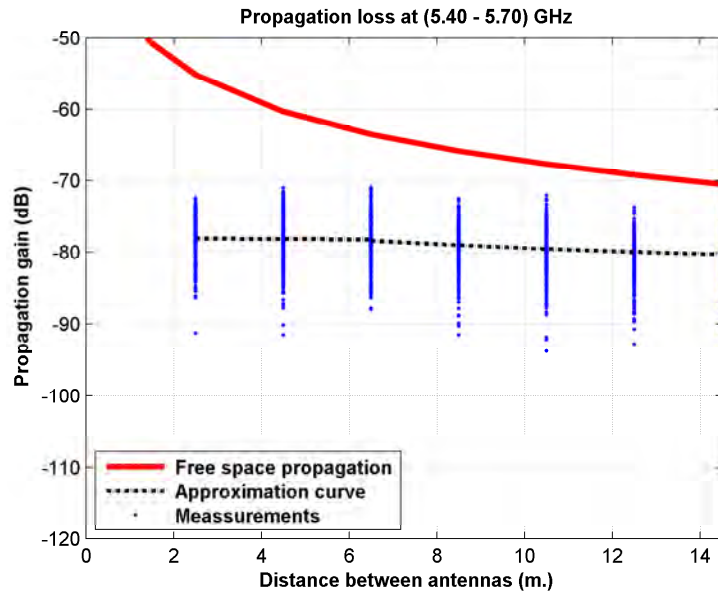


Figura 5.117: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, toda la banda, polarización horizontal

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.118 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 2,73$ dB.

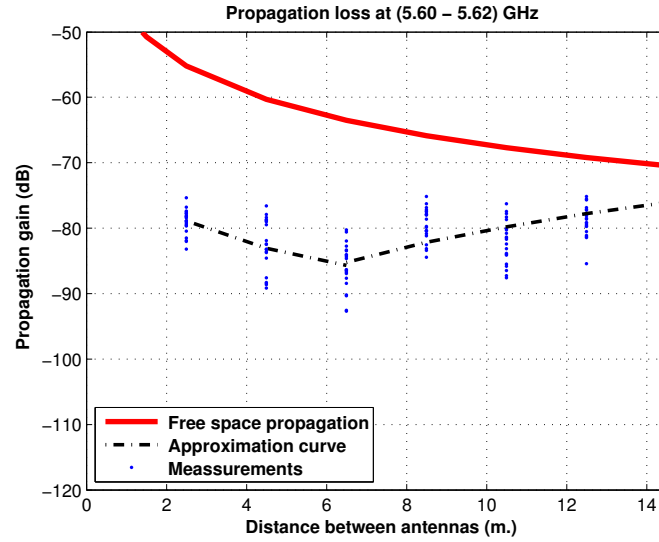


Figura 5.118: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.119 representa las pérdidas de propagación con columnas en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, en función de la distancia entre las antenas, con polarización vertical. La desviación de los datos es de $\sigma = 1,97$ dB.

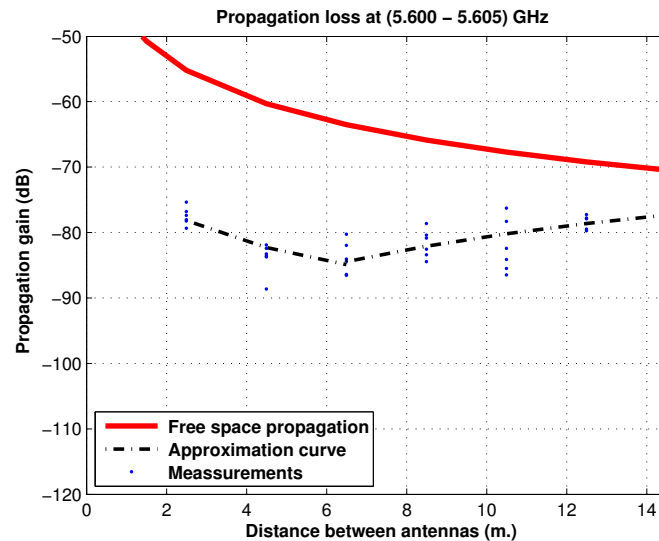


Figura 5.119: Pérdidas por columnas, caso 3, antenas 4 y 3, canal de 5 MHz, polarización vertical

Conclusiones: Como se ha podido ver en este escenario, las pérdidas introducidas por una columna van disminuyendo a medida que se separan las antenas de la columna. Incluso en caso de tener dos columnas en el trayecto, la segunda columna supone unas pérdidas adicionales, pero conforme se separa la antena de esta columna las pérdidas disminuyen. Al separar las dos antenas de la columna por lo general el efecto es similar.

5.1.5. Escenario 8: Pérdidas de propagación en los bordes de una columna

Entorno: Columnas del pasillo central, Planta Baja, Edificio C. Las regiones grises en las gráficas de pérdidas de propagación representan las columnas.

Objetivo: Observar las pérdidas de propagación y difracción producidas por los bordes de las columnas (tanto el lado ancho como el lado estrecho) y compararlas con las pérdidas producidas por el centro de la columna.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y la 1 como receptora. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 a 5.605 GHz.

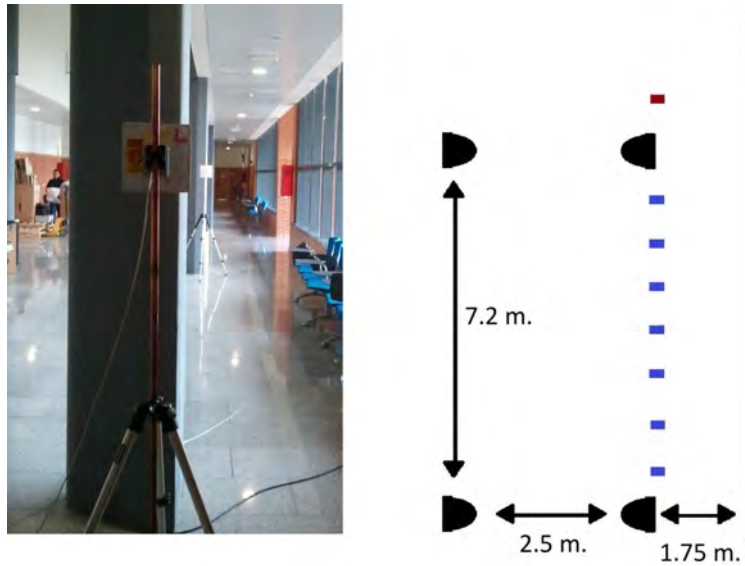


Figura 5.120: Situación de la antena en el lado ancho de la columna

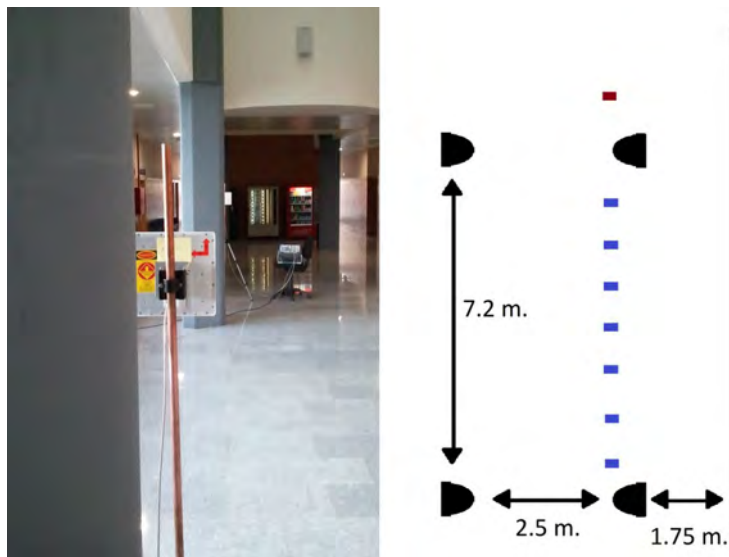


Figura 5.121: Situación de la antena en el lado estrecho de la columna

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, toda la banda

La Figura 5.122 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

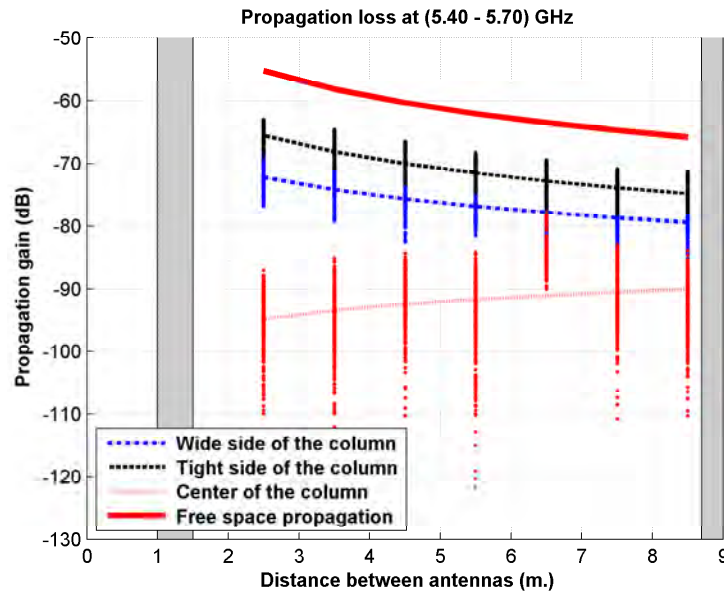


Figura 5.122: Pérdidas de propagación en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, toda la banda

La Figura 5.123 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

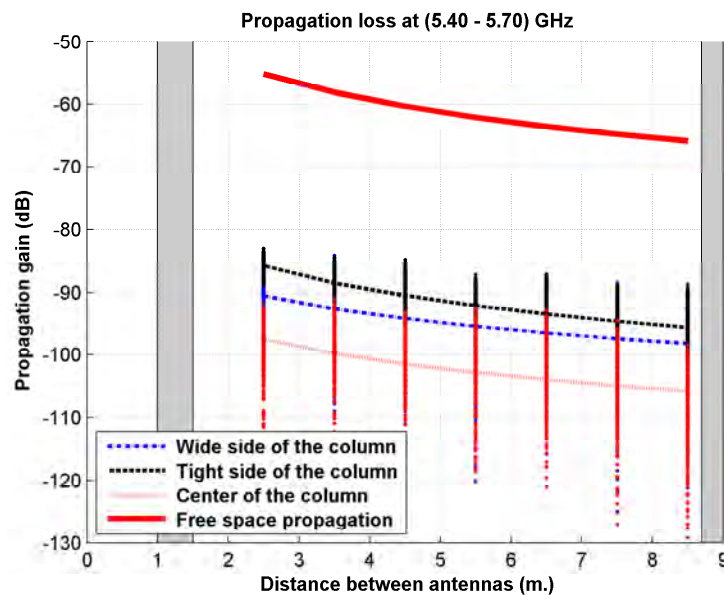


Figura 5.123: Pérdidas de propagación en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, en toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 20 MHz, a 1.40 m.

La Figura 5.124 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

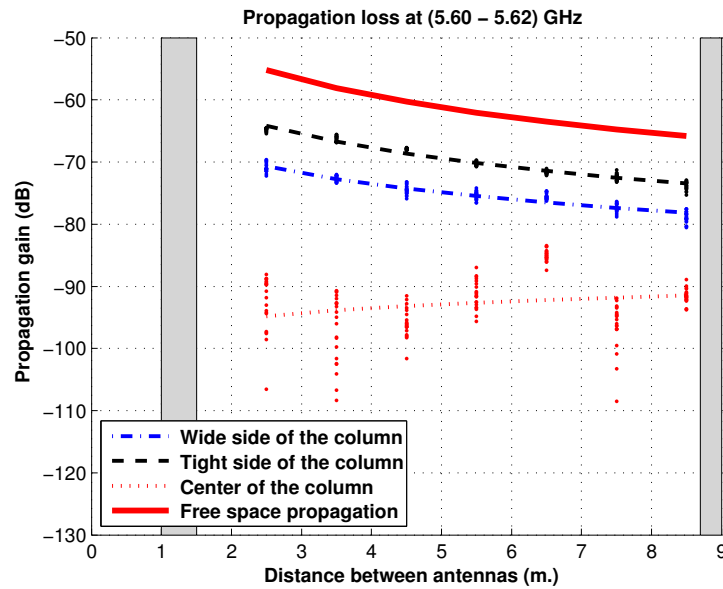


Figura 5.124: Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, canal de 20 MHz, a 1.40 m.

La Figura 5.125 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

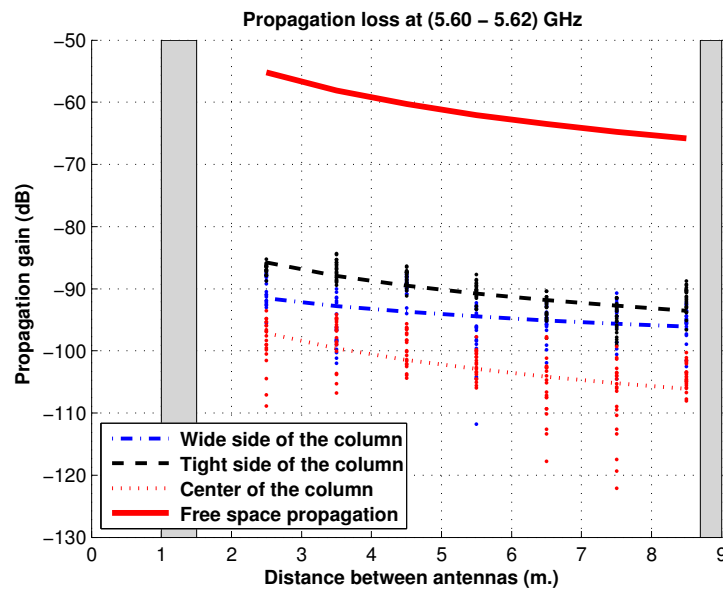


Figura 5.125: Pérdidas de propagacion en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora, canal de 5 MHz, a 1.40 m.

La Figura 5.126 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

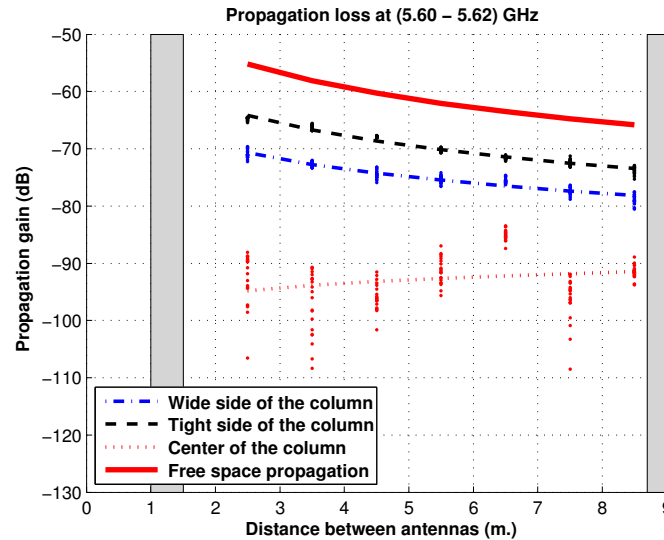


Figura 5.126: Pérdidas de propagación en distintas posiciones de la columna, antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 3 transmisora y antena 4 receptora, canal de 5 MHz, a 1.40 m.

La Figura 5.127 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

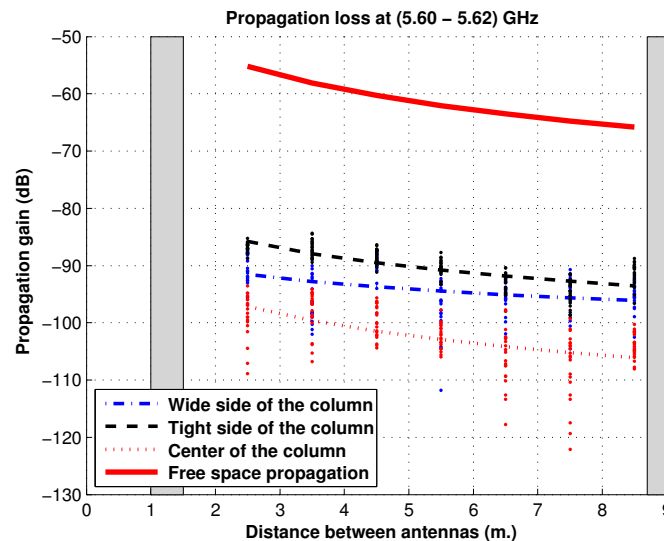


Figura 5.127: Pérdidas de propagación en distintas posiciones de la columna, antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Conclusiones: Como puede verse, los bordes de las columnas causan menos pérdidas que el centro de la columna. Esto se ve mucho mas acusado en el caso de las antenas mas directivas. Por otro lado el lado de la columna mas ancho causa mas pérdidas que el lado estrecho.

5.1.6. Escenario 9: Pérdidas de propagación en pasillo largo, Edificio C

Entorno: Pasillo central, Planta Baja, Edificio C, con una distancia máxima en su zona central de 52 metros.

Objetivo: Ver las pérdidas de propagación en pasillo ancho con columnas laterales desde 1 metro hasta 52 metros.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a una altura de 1.70 para todas las antenas.

Rango de frecuencias estudiadas: Un único tono a 5.60 GHz.

Distancia entre antenas: Se realizan mediciones desde una distancia entre antenas de 1 metro hasta una distancia de 52 metros a intervalos de 1 metro.

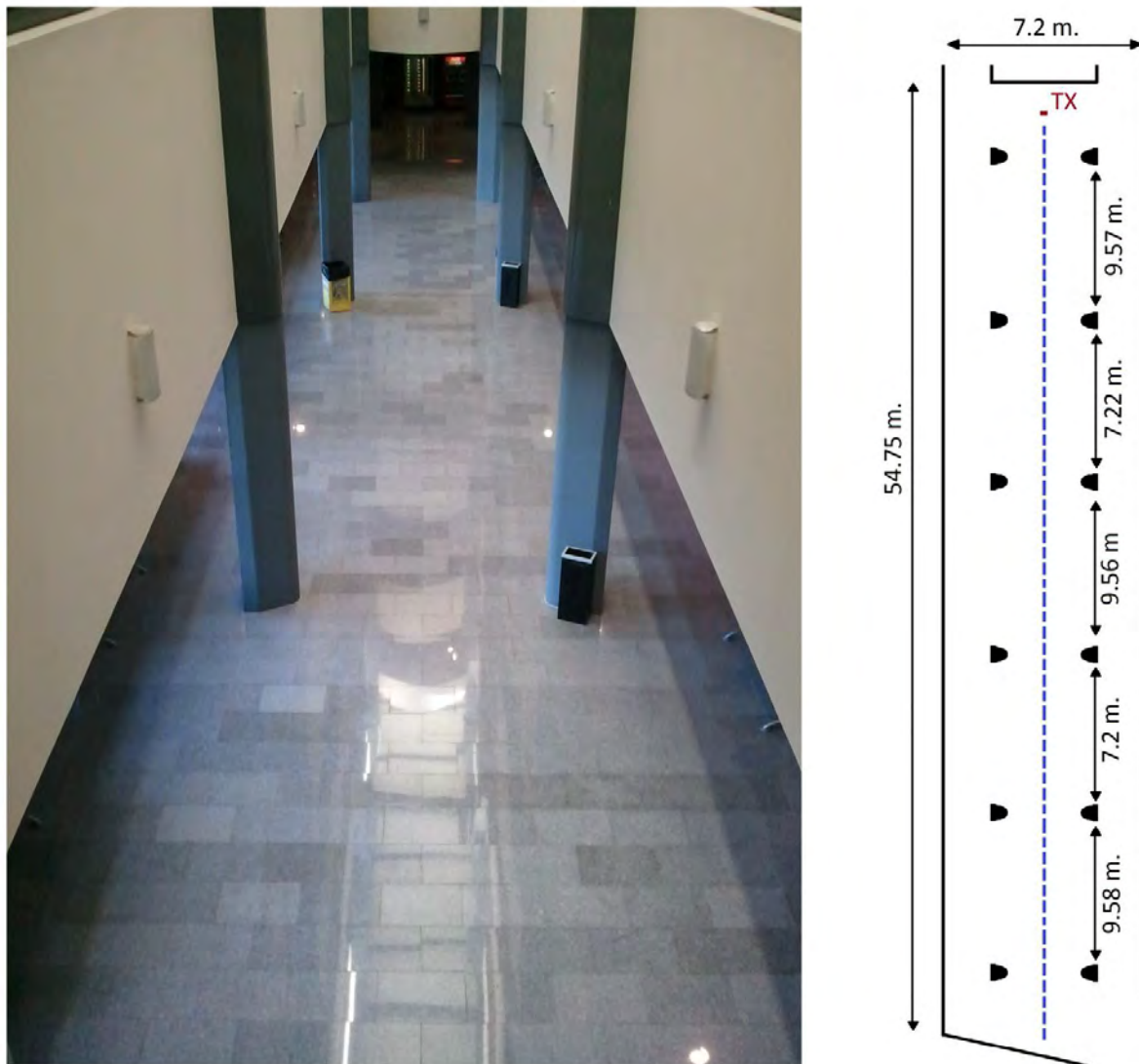


Figura 5.128: Foto y plano del pasillo central, Planta Baja, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

La Figura 5.129 representa las pérdidas de propagación en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

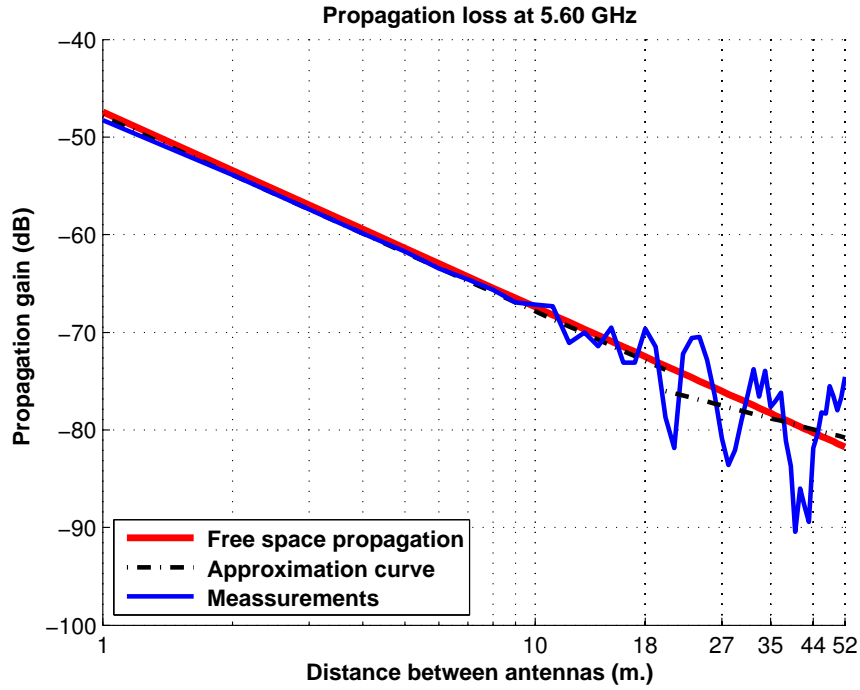


Figura 5.129: Pasillo largo, antenas 1 y 2, con polarización vertical

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,86 + 19,97 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 20 \text{ m.} \\ 76,00 + 11,53 * \log_{10}(d/20); & \text{si } d > 20 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.15$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre. Por lo que hasta 20 m. podemos decir que el comportamiento es de espacio libre, mientras que a partir de 20 m. se puede modelar como espacio libre más guía de onda.

La desviación de las medidas respecto a la aproximación vista anteriormente es de $\sigma_1 = 1,57$ dB y $\sigma_2 = 4,72$ dB.

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.130 representa las pérdidas de propagación en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

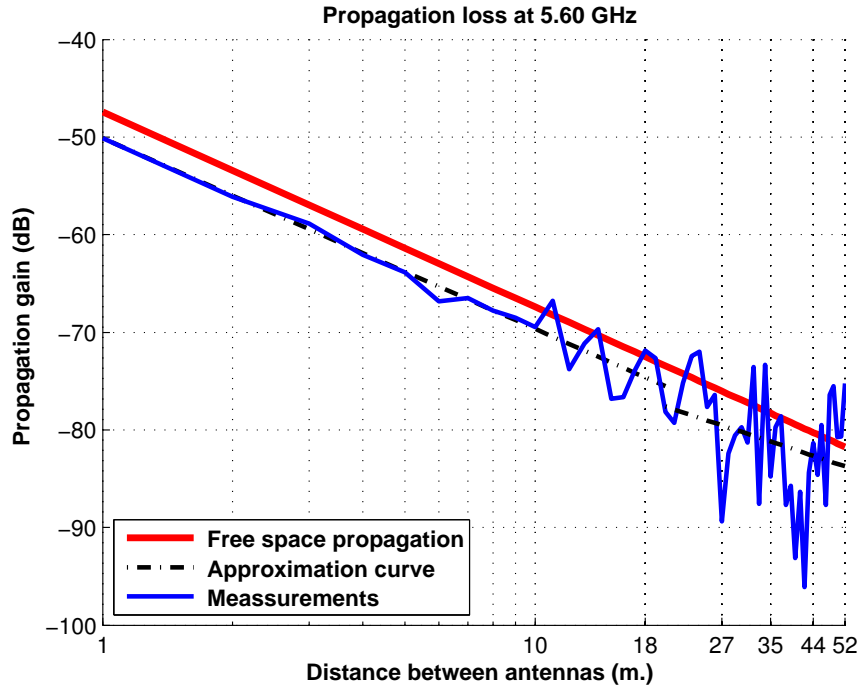


Figura 5.130: Pasillo largo, antenas 2 y 3, con polarización vertical

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,13 + 19,53 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 20 \text{ m.} \\ 77,61 + 14,75 * \log_{10}(d/20); & \text{si } d > 20 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.95$ es similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.47$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre. Por lo que hasta 20 m. podemos decir que el comportamiento es prácticamente de espacio libre, mientras que a partir de 20 m. se puede modelar como espacio libre más guía de onda.

La desviación de las medidas respecto a la aproximación vista anteriormente es de $\sigma_1 = 1,94$ dB y $\sigma_2 = 5,52$ dB.

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.131 representa las pérdidas de propagación en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

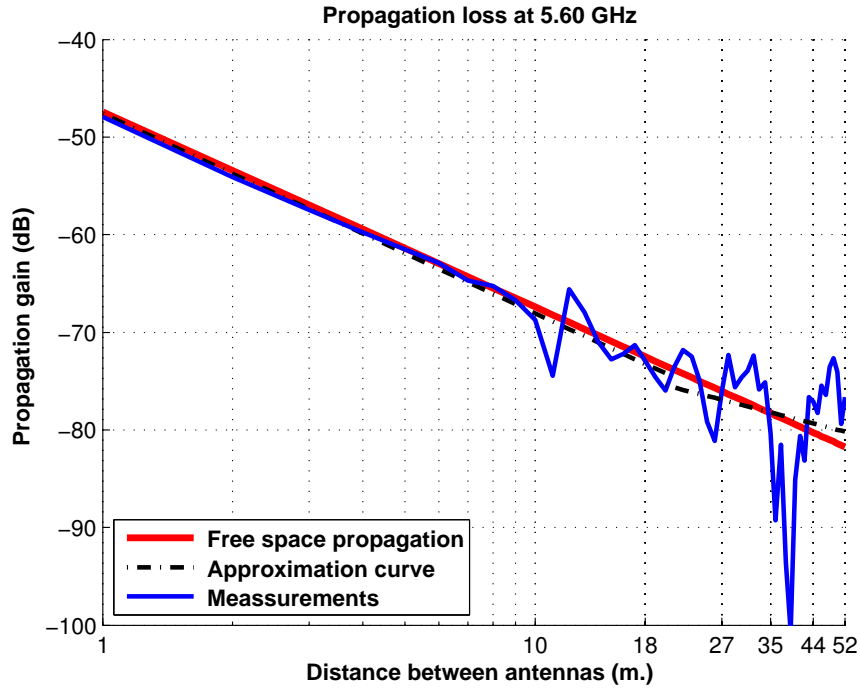


Figura 5.131: Pasillo largo, antenas 2 y 4, con polarización vertical

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,59 + 20,46 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 20 \text{ m.} \\ 75,42 + 11,47 * \log_{10}(d/20); & \text{si } d > 20 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.05$ es prácticamente igual al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.15$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre. Por lo que hasta 20 m. podemos decir que el comportamiento es de espacio libre, mientras que a partir de 20 m. se puede modelar como espacio libre más guía de onda.

La desviación de las medidas respecto a la aproximación vista anteriormente es de $\sigma_1 = 1,77$ dB y $\sigma_2 = 6,07$ dB.

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.132 representa las pérdidas de propagación en un tono a 5.60 GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

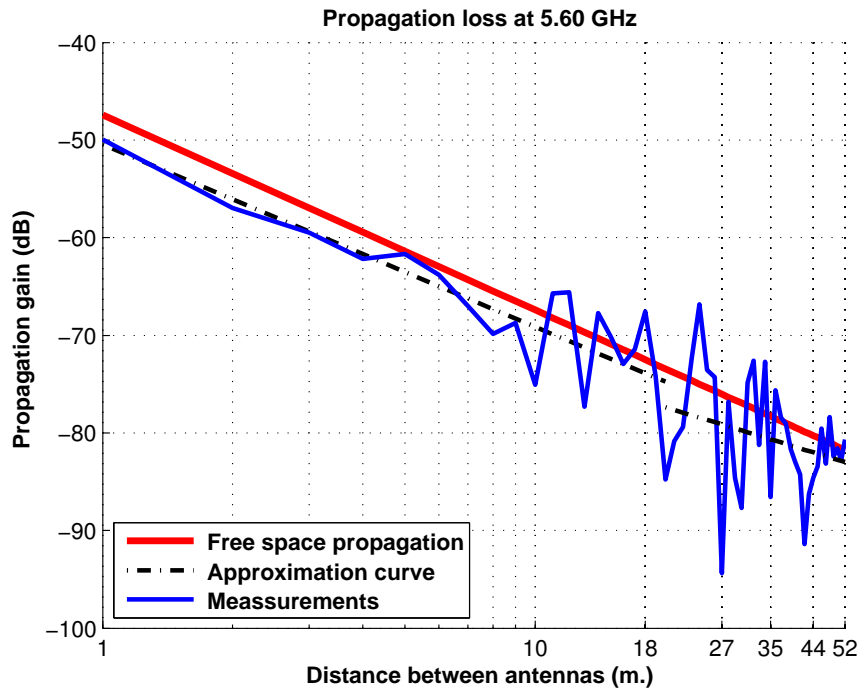


Figura 5.132: Pasillo largo, antenas 3 y 4, con polarización vertical

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,43 + 18,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 20 \text{ m.} \\ 77,37 + 13,50 * \log_{10}(d/20); & \text{si } d > 20 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.87$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.35$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre. Por lo que hasta 20 m. podemos decir que el comportamiento es casi de espacio libre con una pequeña efecto de guía de onda, mientras que a partir de 20 m. se puede modelar como espacio libre más guía de onda.

La desviación de las medidas respecto a la aproximación vista anteriormente es de $\sigma_1 = 3,83$ dB y $\sigma_2 = 5,48$ dB.

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.135 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

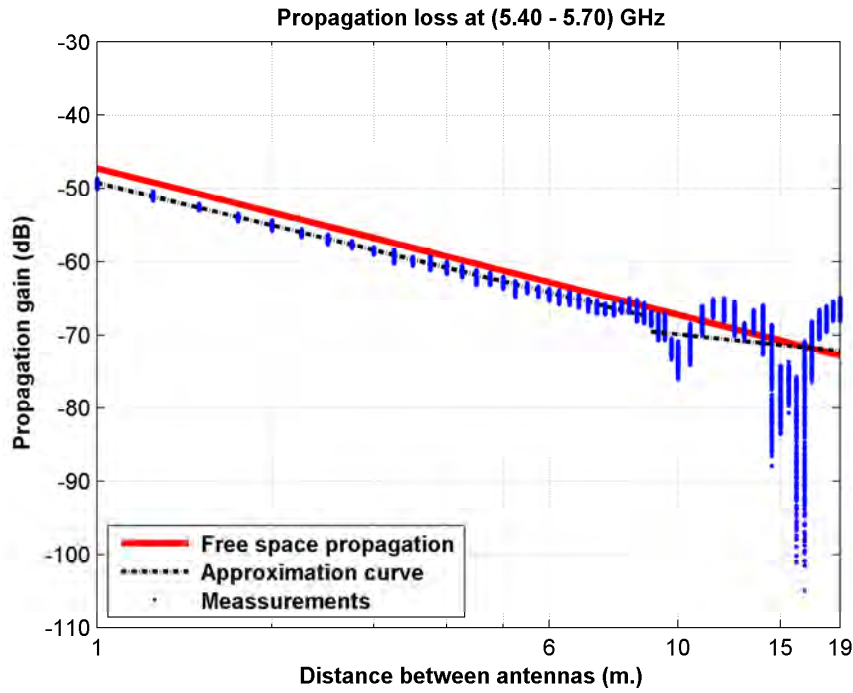


Figura 5.135: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,23 + 19,26 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,55 + 8,14 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.93$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.81$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.136 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.43$). La Figura 5.137 representa su correspondiente CDF.

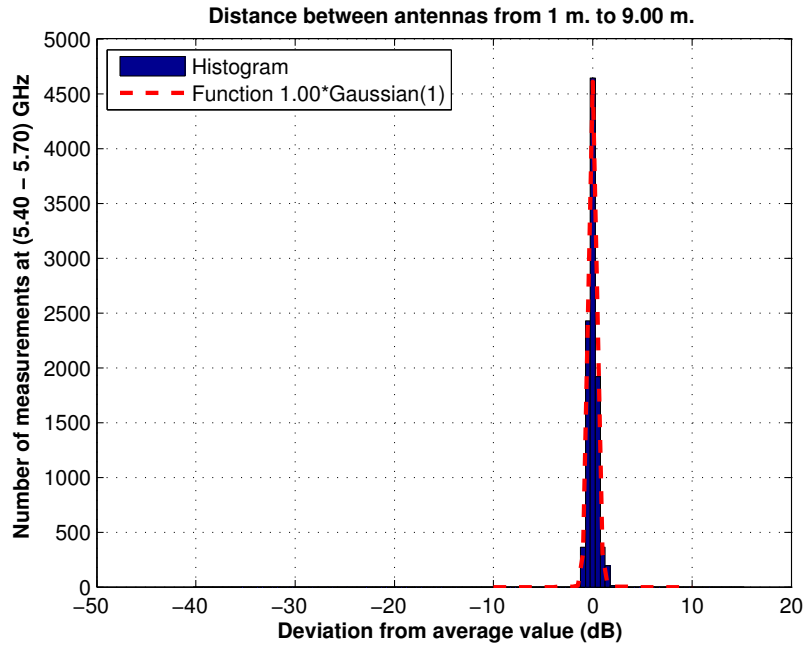


Figura 5.136: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

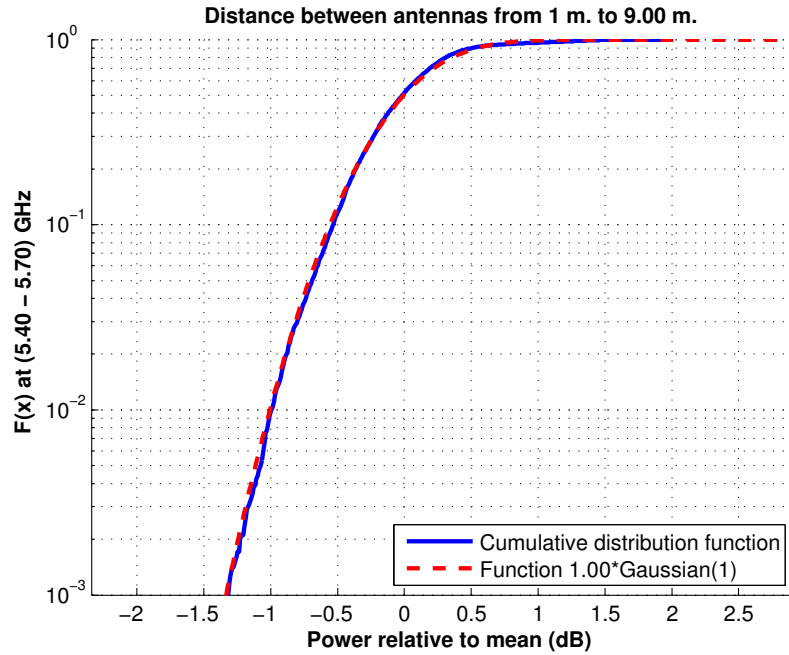


Figura 5.137: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.138 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (3 %, $\mu=-15.00$, $\sigma=7.00$), otra Función Gaussiana (37 %, $\mu=4.00$, $\sigma=2.20$) y una Función Rayleigh (60 %, $\sigma=1.10$). La Figura 5.139 representa su correspondiente CDF.

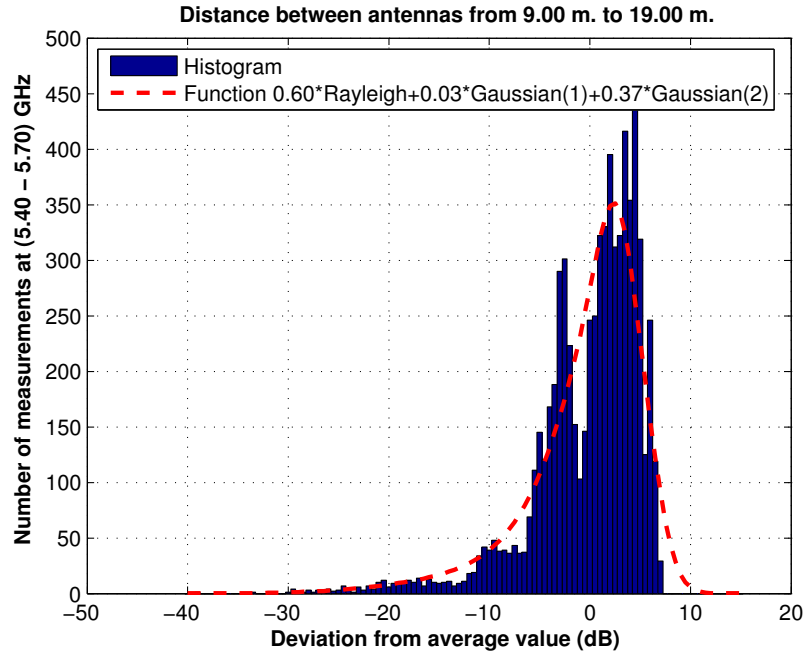


Figura 5.138: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

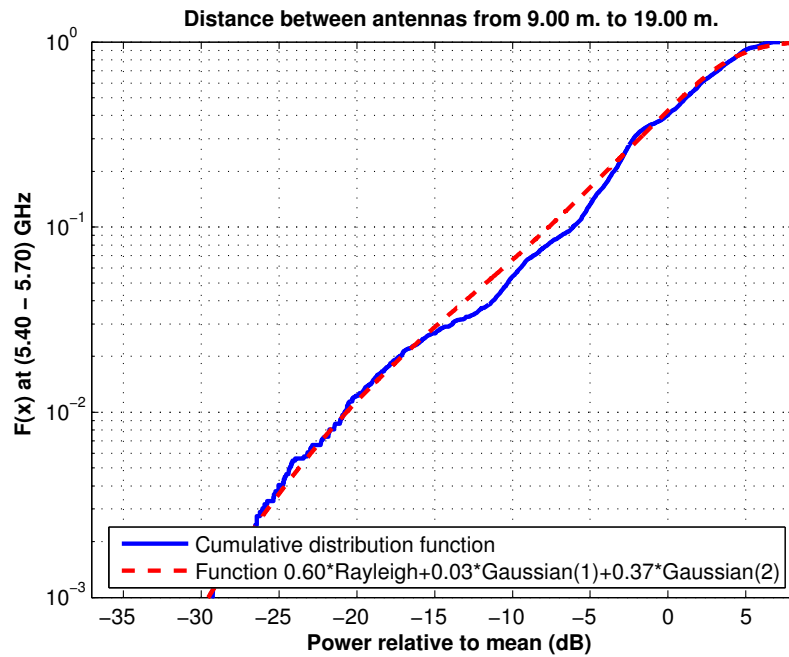


Figura 5.139: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.140 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

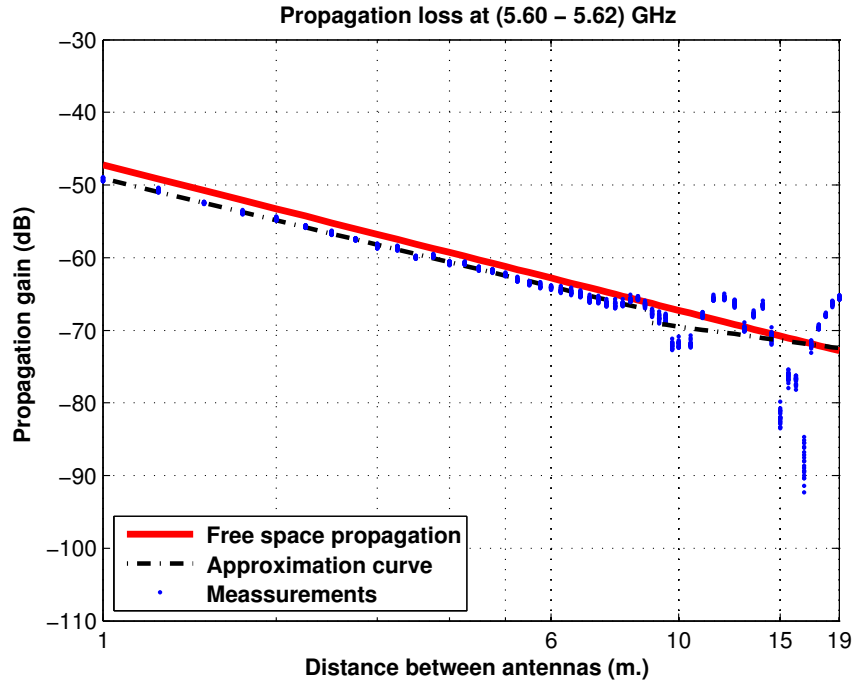


Figura 5.140: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,13 + 19,07 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,00 + 10,70 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.91$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.07$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.141 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.45$). La Figura 5.142 representa su correspondiente CDF.

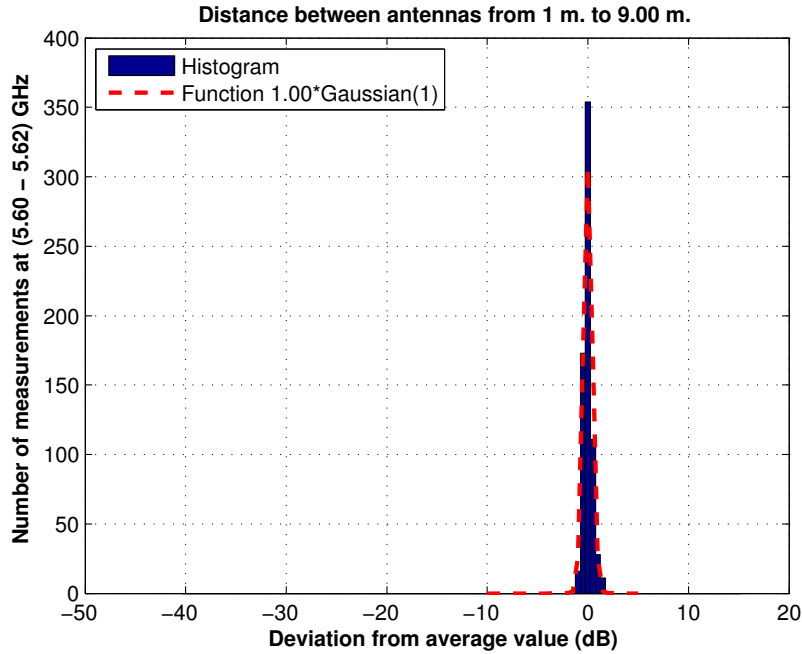


Figura 5.141: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

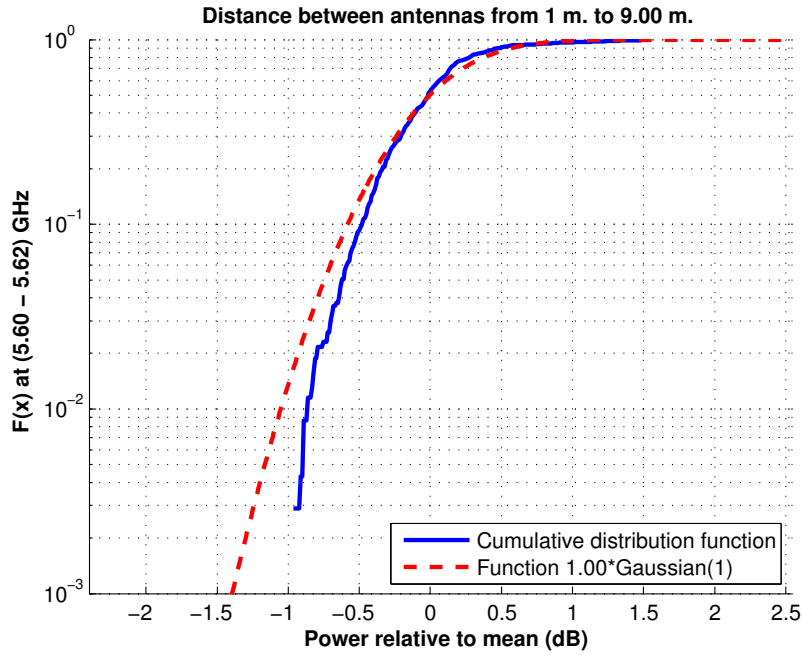


Figura 5.142: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.143 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (5 %, $\mu=-14.00$, $\sigma=4.00$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=3.00$, $\sigma=1.00$) y una Función Rayleigh (85 %, $\sigma=1.70$). La Figura 5.144 representa su correspondiente CDF.

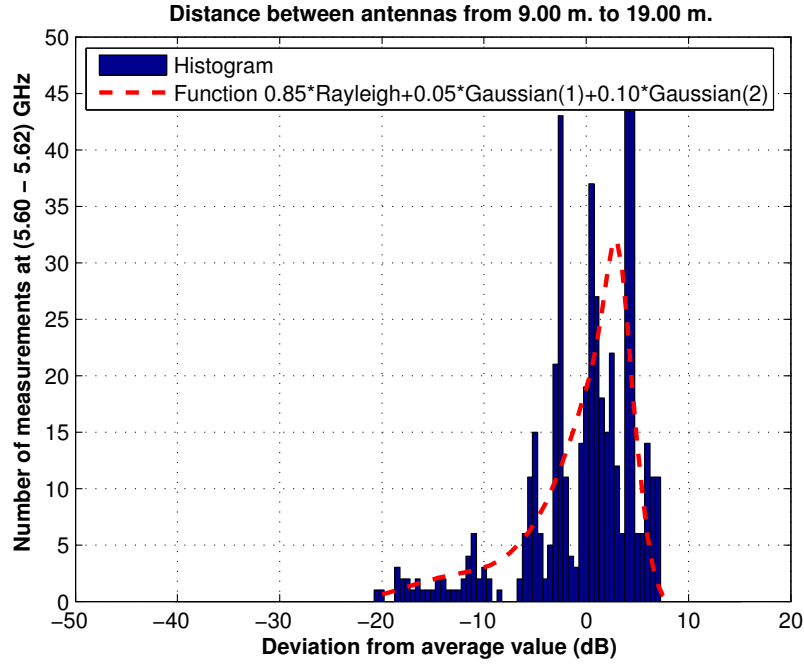


Figura 5.143: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

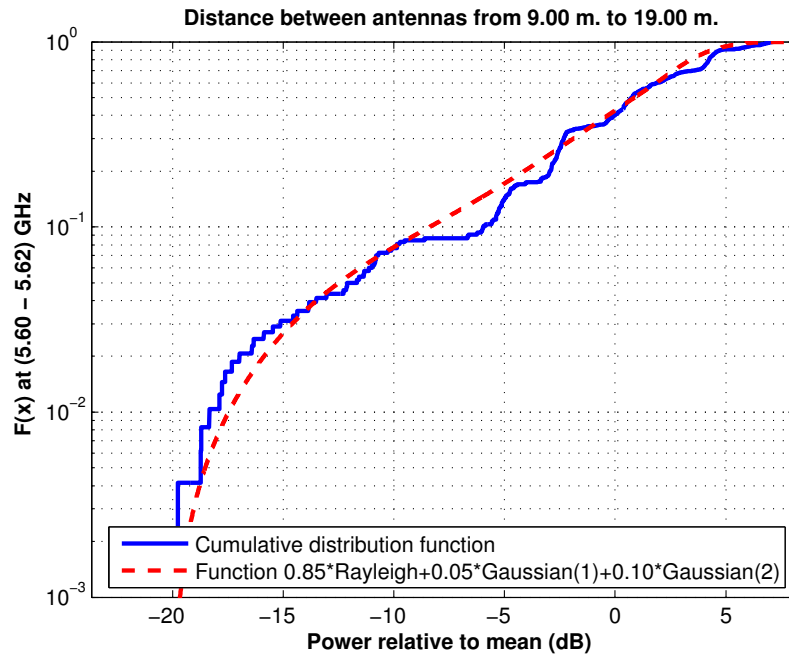


Figura 5.144: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.145 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

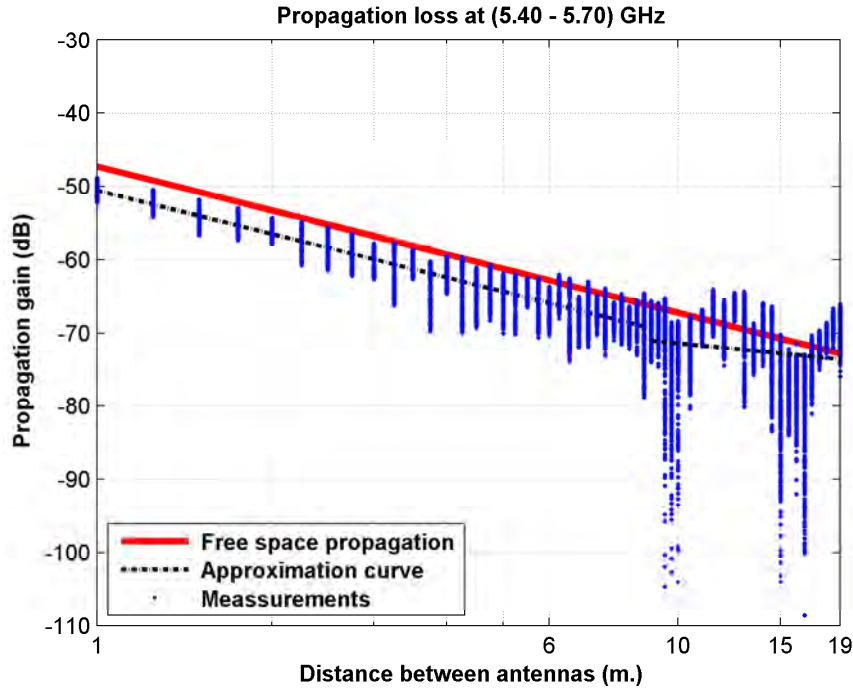


Figura 5.145: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,53 + 19,78 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 71,07 + 7,80 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 0.78$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.146 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=1.20$, $\sigma=1.10$), otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=1.70$) y una Función Rayleigh (5 %, $\sigma=0.70$). La Figura 5.147 representa su correspondiente CDF.

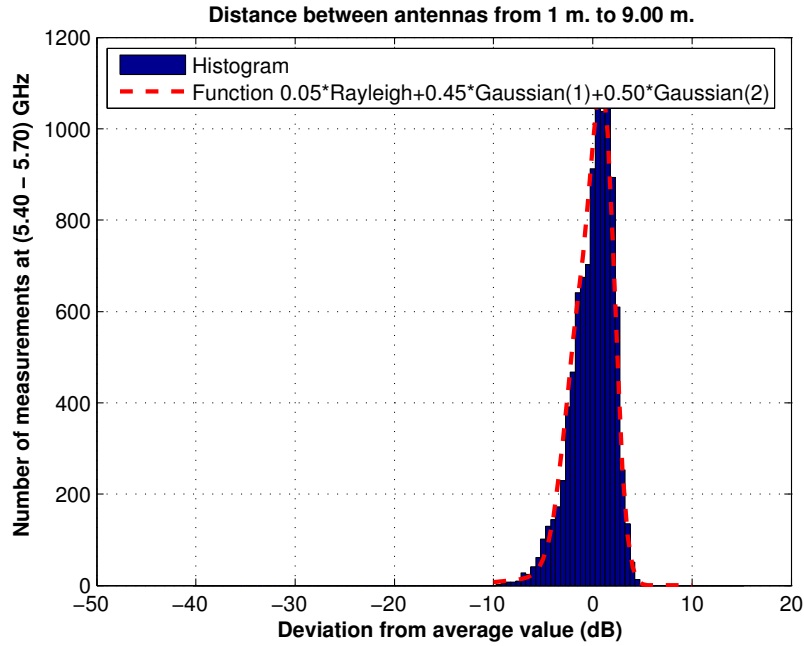


Figura 5.146: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

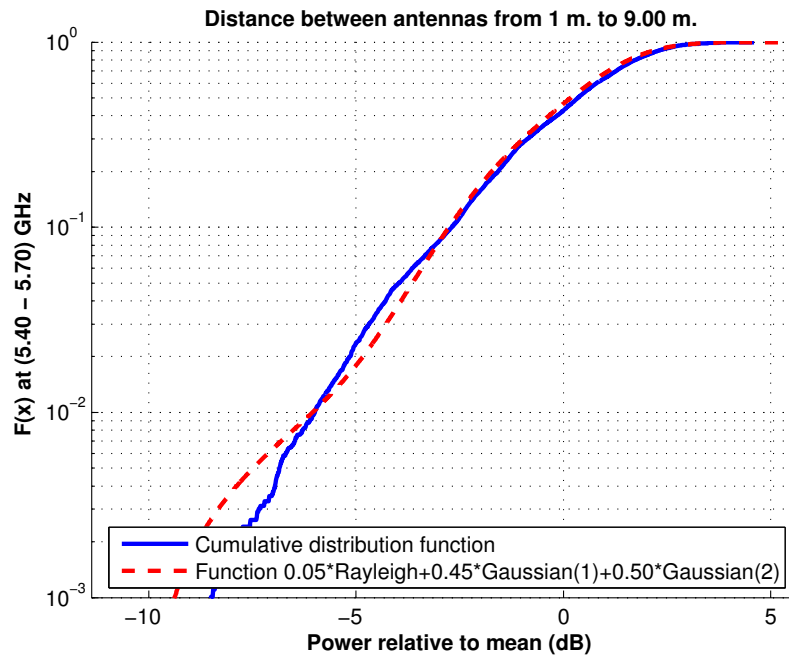


Figura 5.147: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.148 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=2.00$, $\sigma=1.00$), otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-15.00$, $\sigma=8.00$) y una Función Rayleigh (90 %, $\sigma=2.00$). La Figura 5.149 representa su correspondiente CDF.

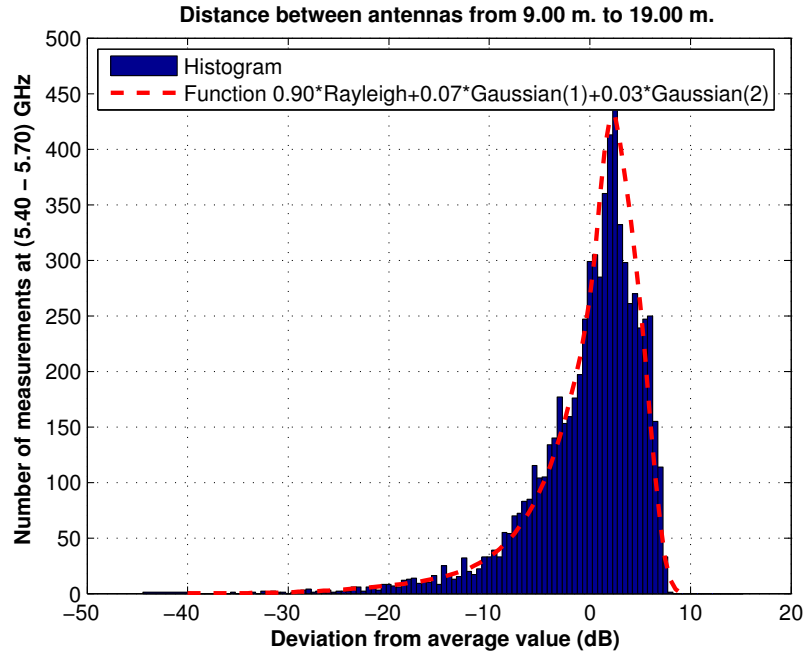


Figura 5.148: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

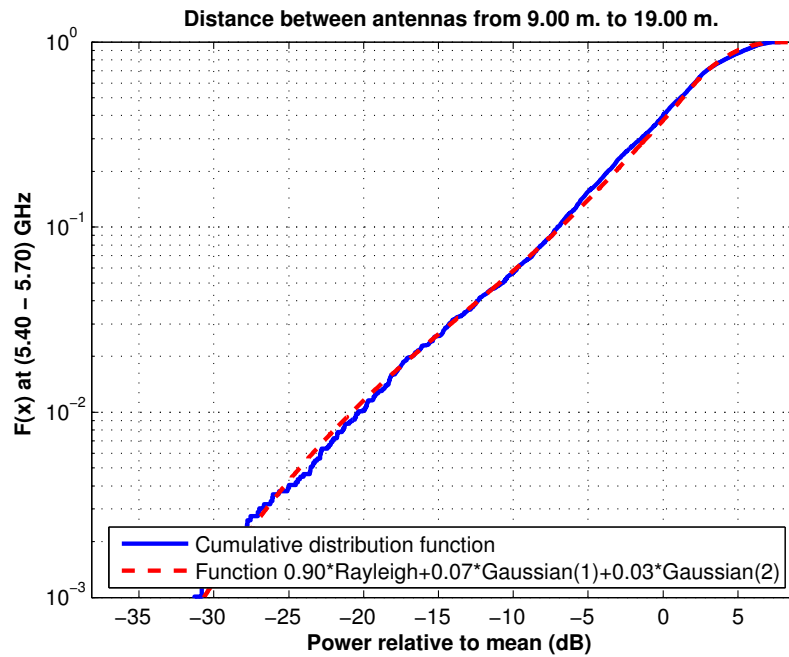


Figura 5.149: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.150 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

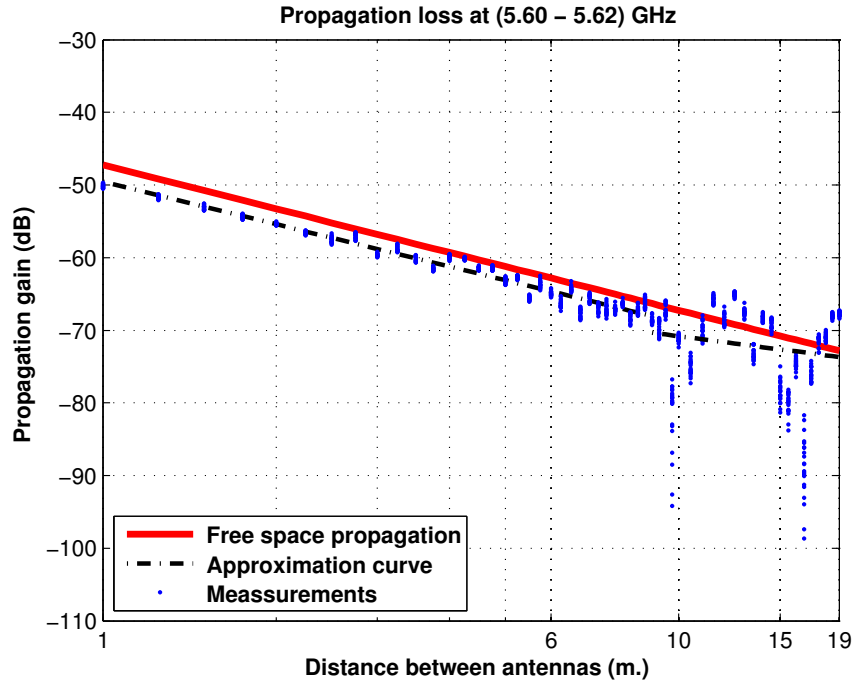


Figura 5.150: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,58 + 19,36 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,35 + 10,25 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.94$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.03$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.151 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.00$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.152 representa su correspondiente CDF.

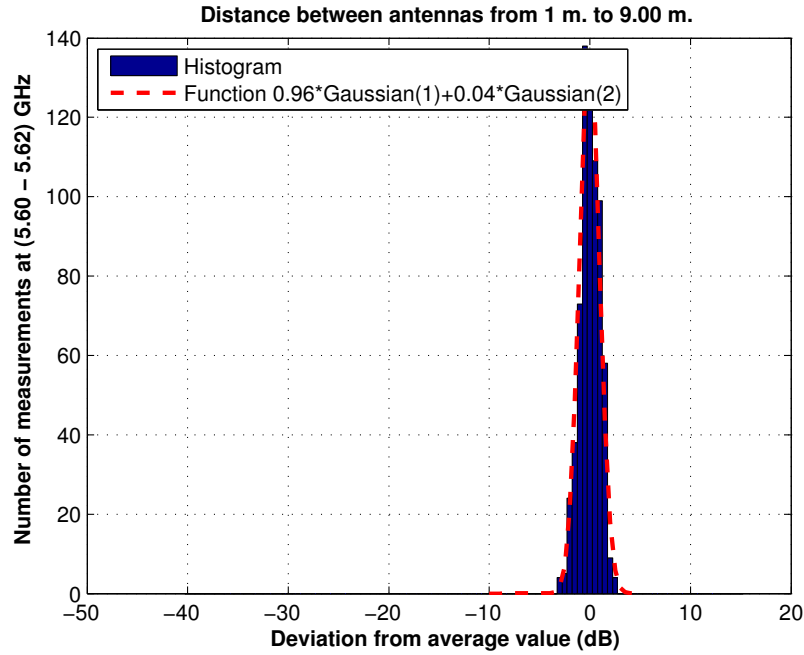


Figura 5.151: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

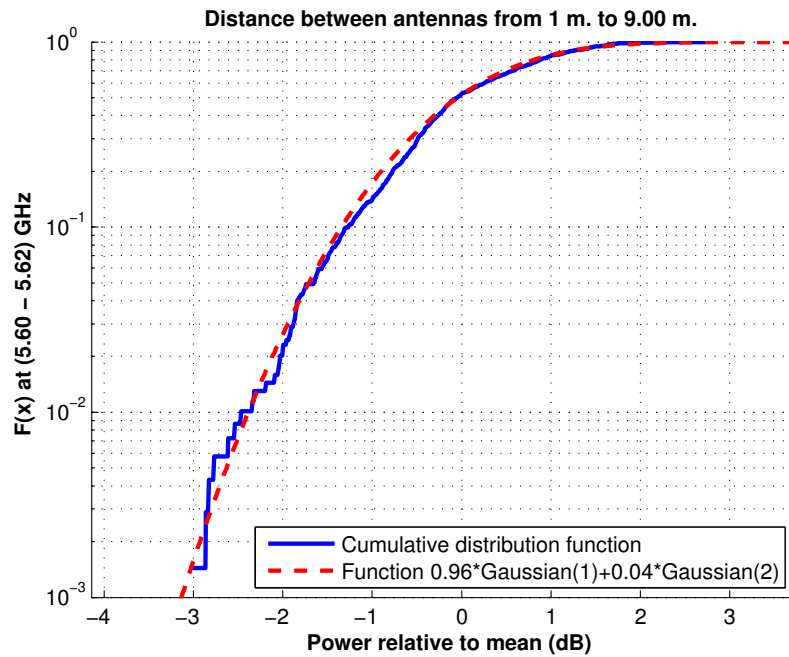


Figura 5.152: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.153 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (5 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-17.00$, $\sigma=5.00$) y una Función Rayleigh (92 %, $\sigma=2.10$). La Figura 5.154 representa su correspondiente CDF.

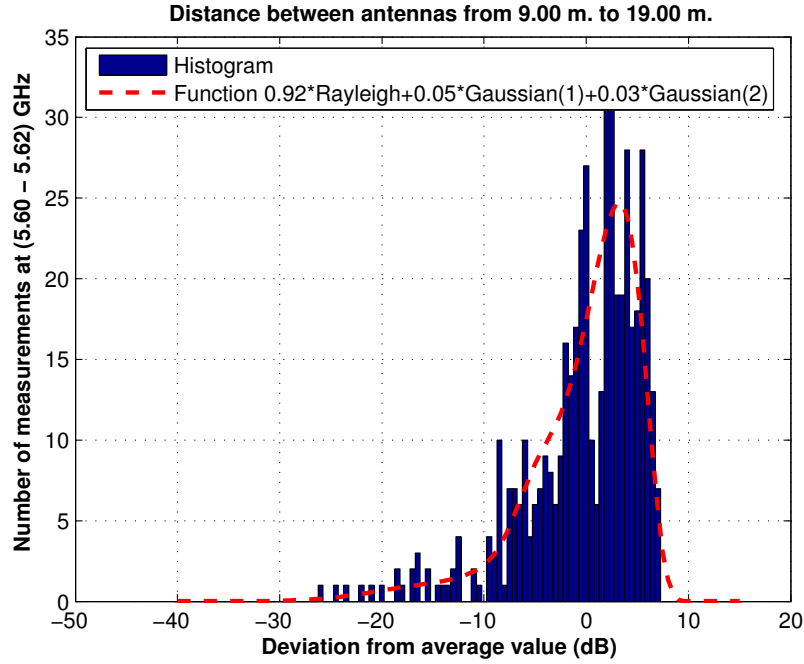


Figura 5.153: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

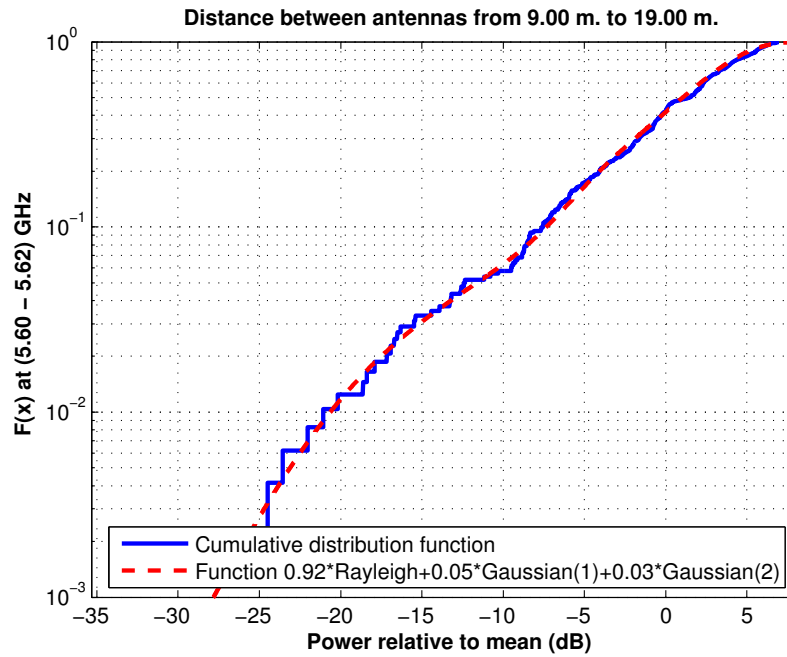


Figura 5.154: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.155 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

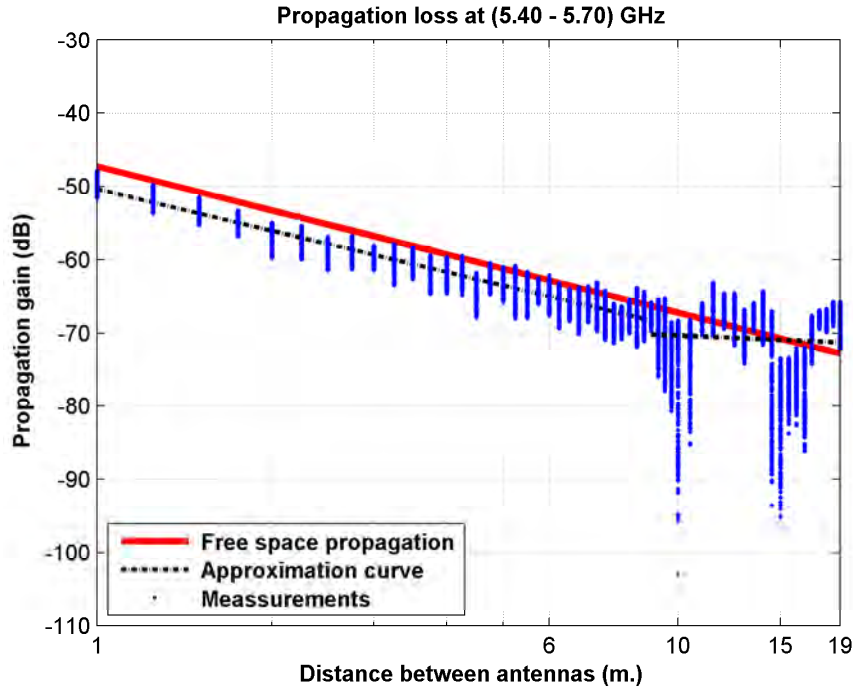


Figura 5.155: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,56 + 18,75 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,66 + 9,61 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.87$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.96$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.156 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.30$, $\sigma=0.85$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.30$, $\sigma=1.65$). La Figura 5.157 representa su correspondiente CDF.

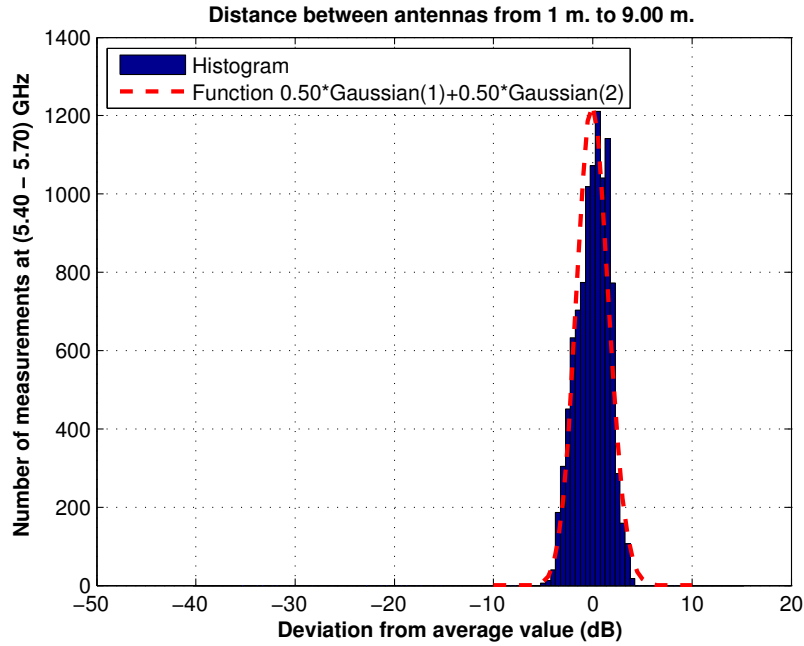


Figura 5.156: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

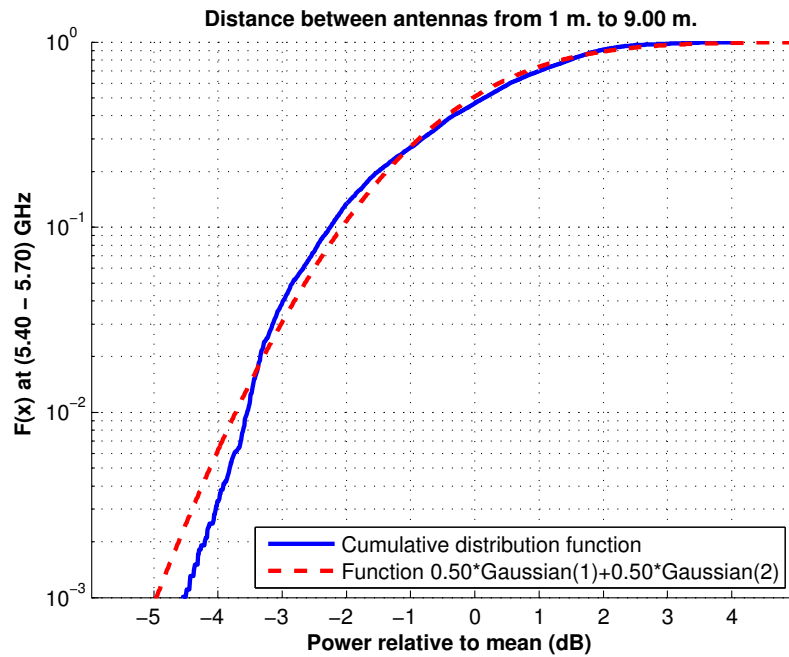


Figura 5.157: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.158 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.70$, $\sigma=1.15$), otra Función Gaussiana (12 %, $\mu=-6.50$, $\sigma=2.50$) y una Función Rayleigh (48 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.159 representa su correspondiente CDF.

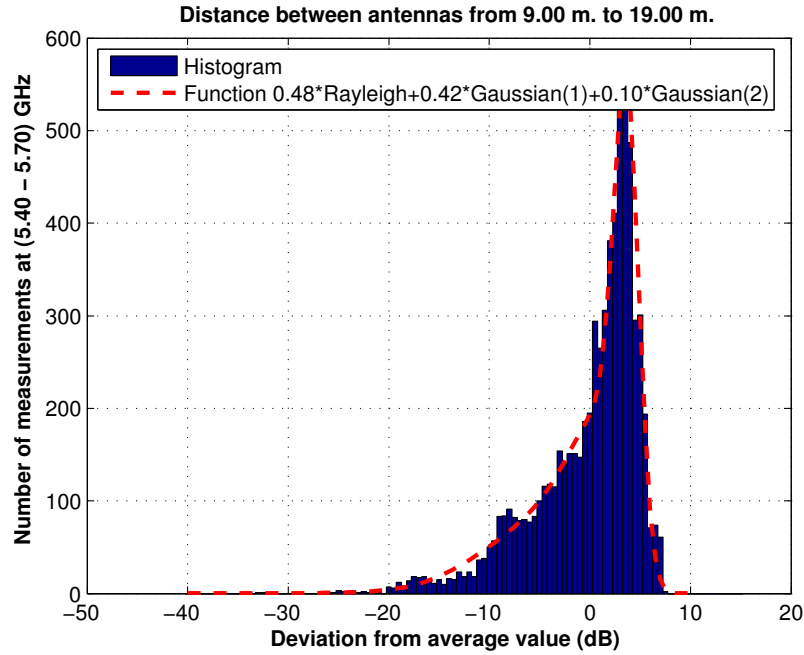


Figura 5.158: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

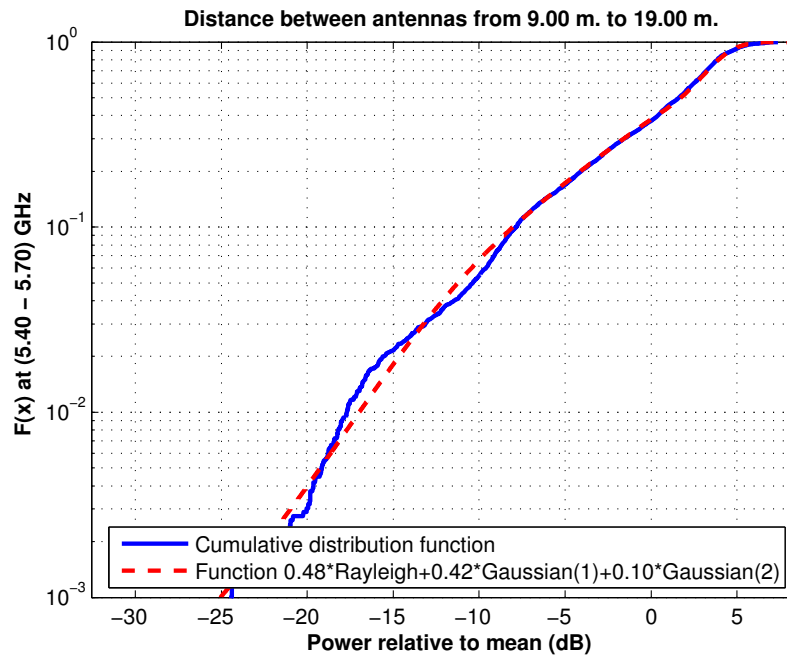


Figura 5.159: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.160 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

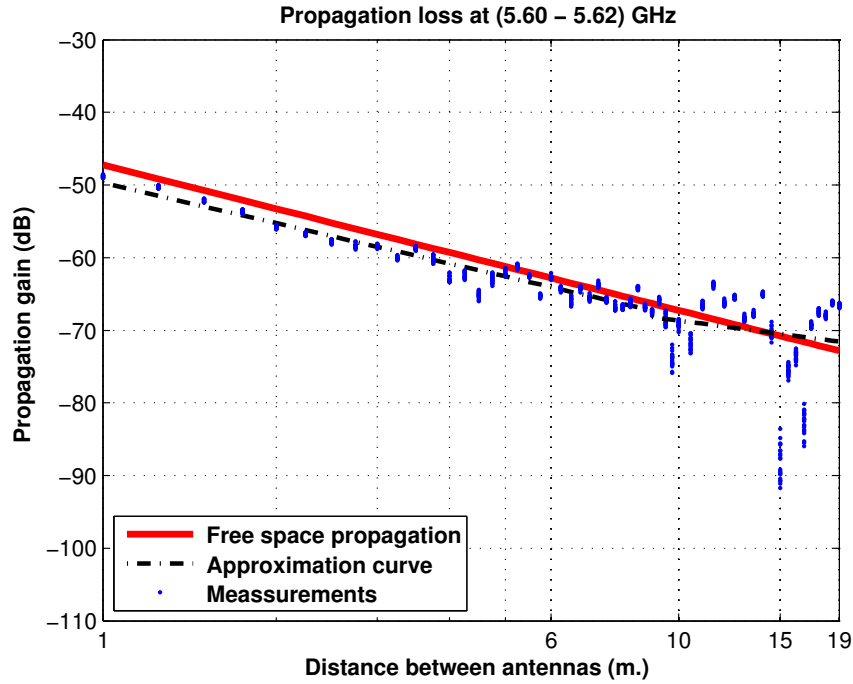


Figura 5.160: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,72 + 18,42 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,19 + 10,41 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.84$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.04$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.161 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (92 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (8 %, $\mu=-1.90$, $\sigma=1.45$). La Figura 5.162 representa su correspondiente CDF.

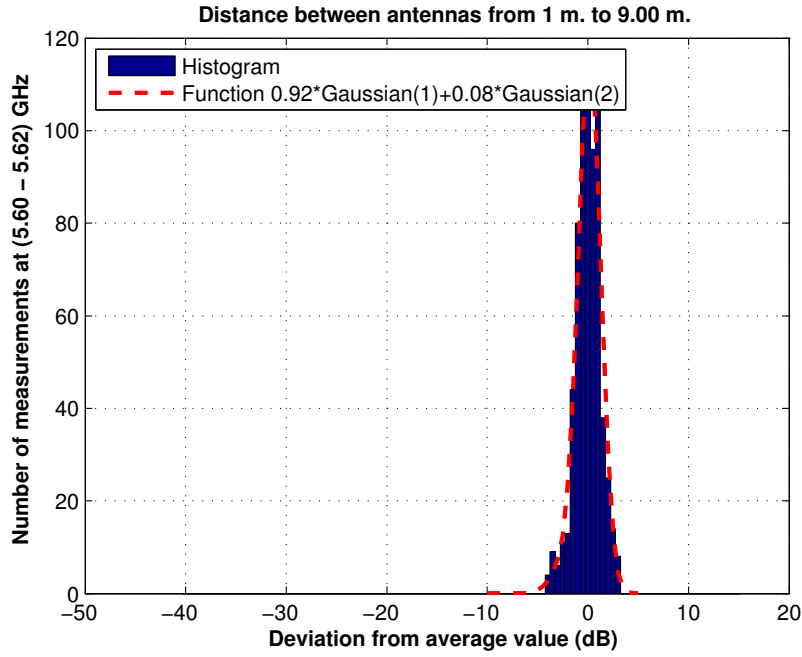


Figura 5.161: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

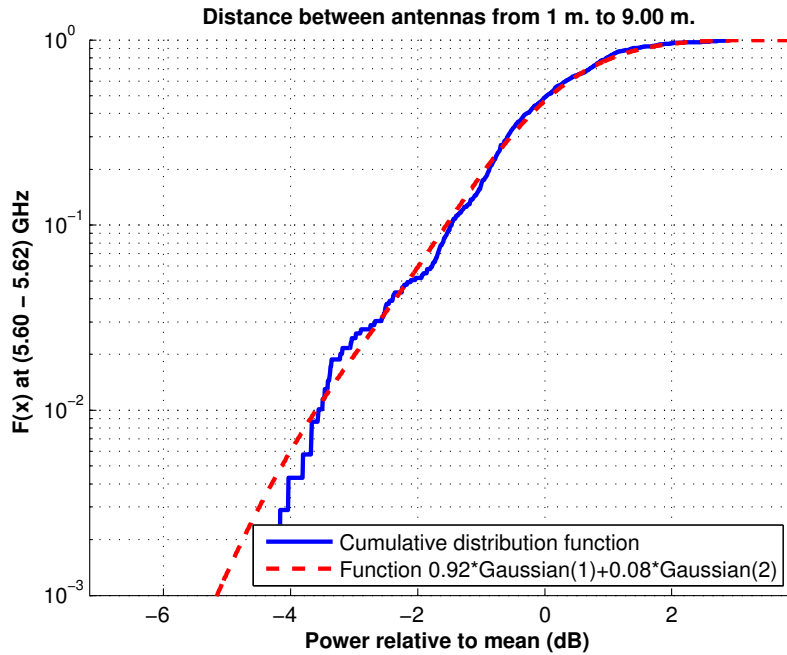


Figura 5.162: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.163 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (24 %, $\mu=4.80$, $\sigma=0.70$), otra Función Gaussiana (6 %, $\mu=-15.00$, $\sigma=5.00$) y una Función Rayleigh (70 %, $\sigma=1.80$). La Figura 5.164 representa su correspondiente CDF.

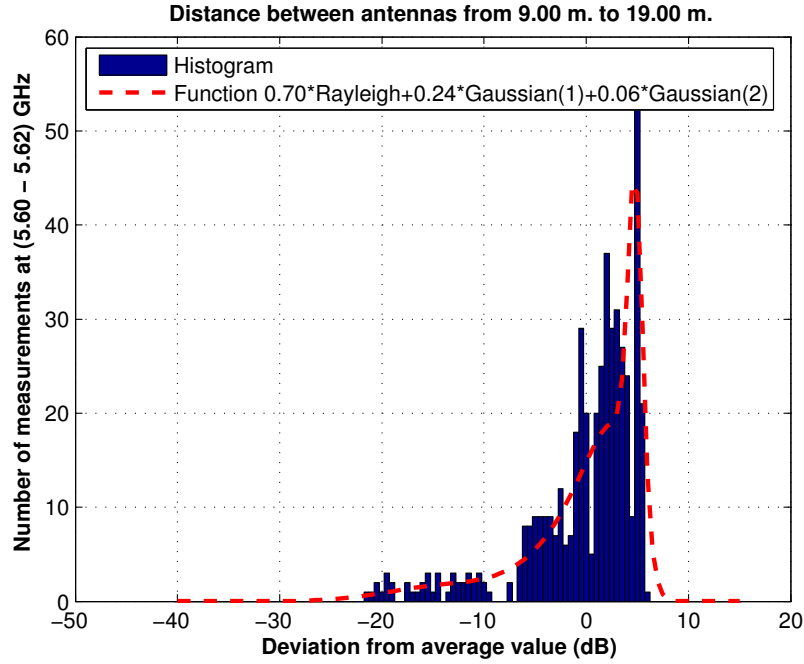


Figura 5.163: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

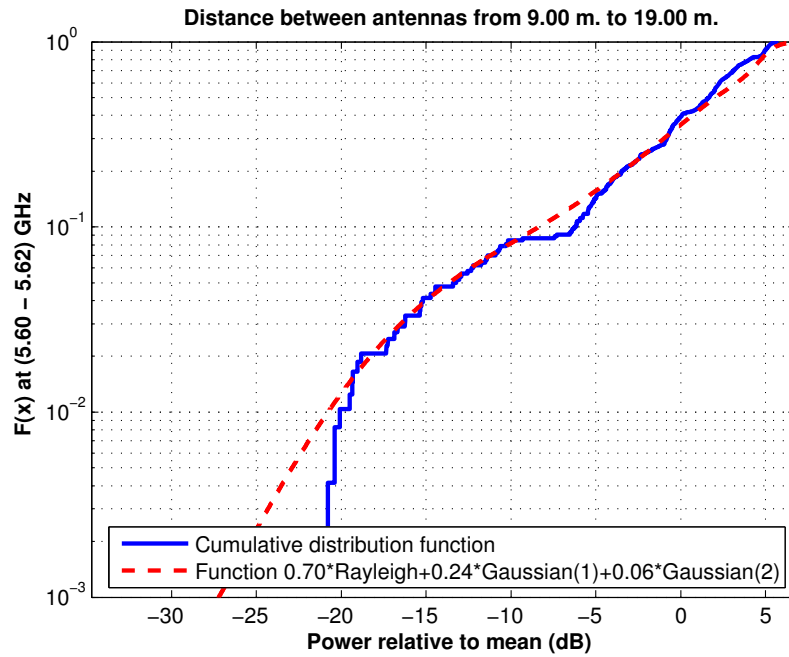


Figura 5.164: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.165 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

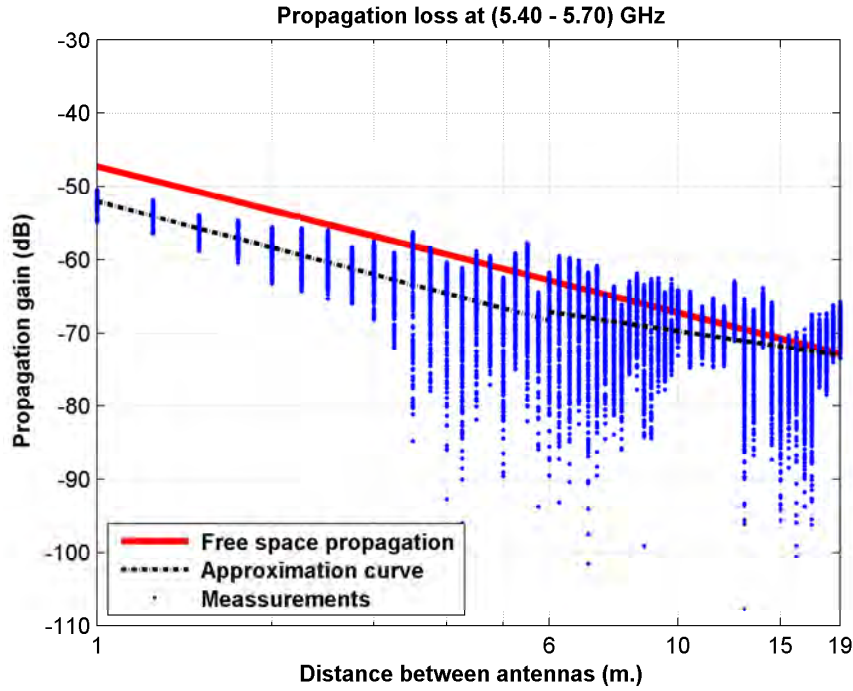


Figura 5.165: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 52,04 + 20,92 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 67,14 + 11,81 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.09$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.18$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar aproximadamente como una guía de onda.

La Figura 5.166 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.85$), otra Función Gaussiana (47 %, $\mu=1.70$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (38 %, $\sigma=1.10$). La Figura 5.167 representa su correspondiente CDF.

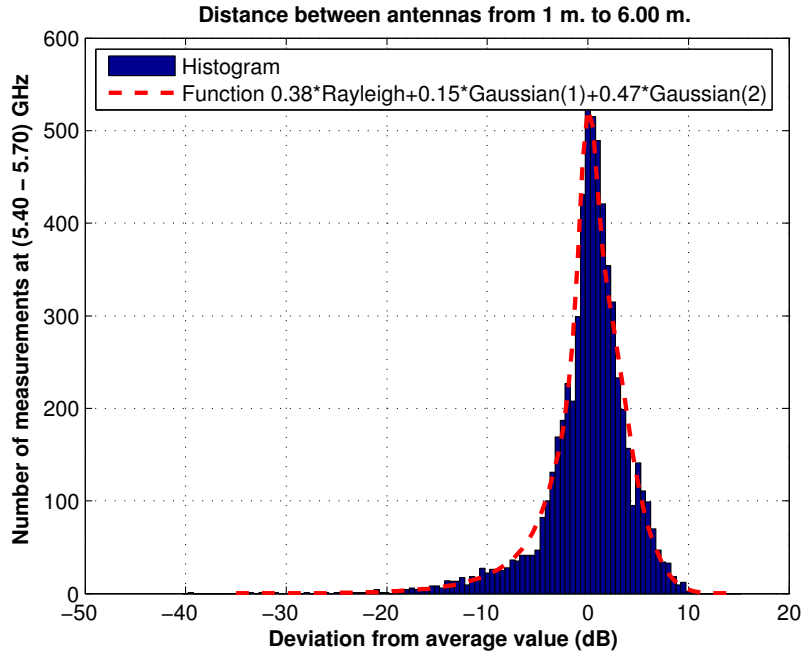


Figura 5.166: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

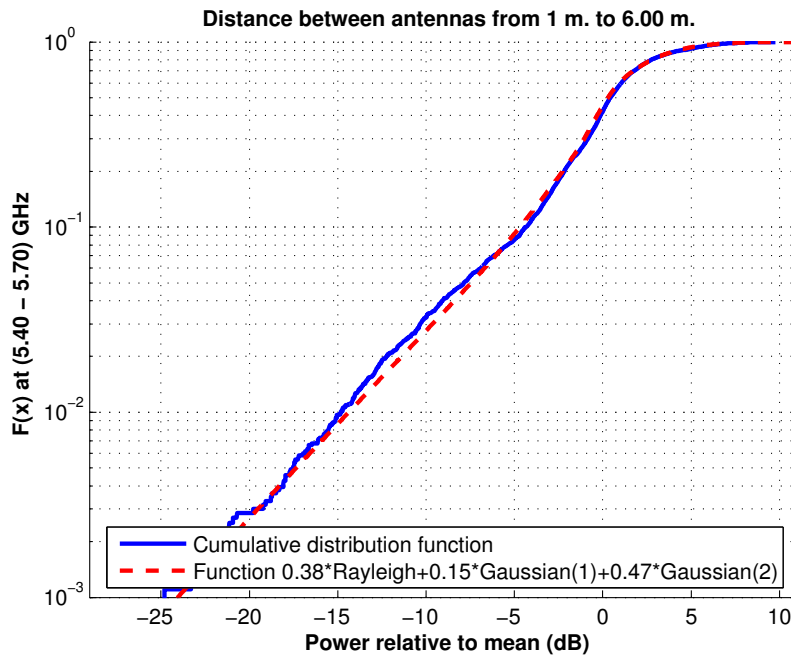


Figura 5.167: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.168 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (23 %, $\mu=4.00$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-3.00$, $\sigma=5.00$) y una Función Rayleigh (62 %, $\sigma=1.55$). La Figura 5.169 representa su correspondiente CDF.

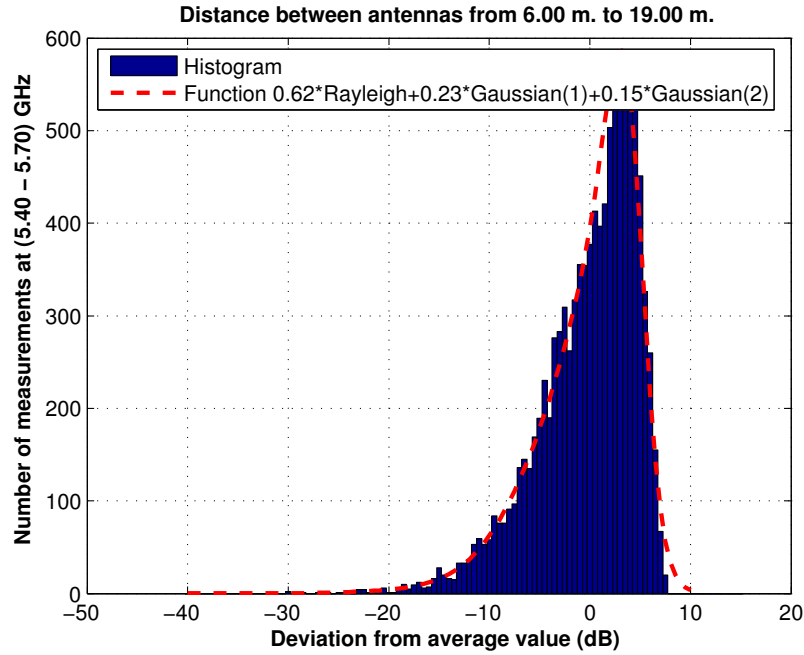


Figura 5.168: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

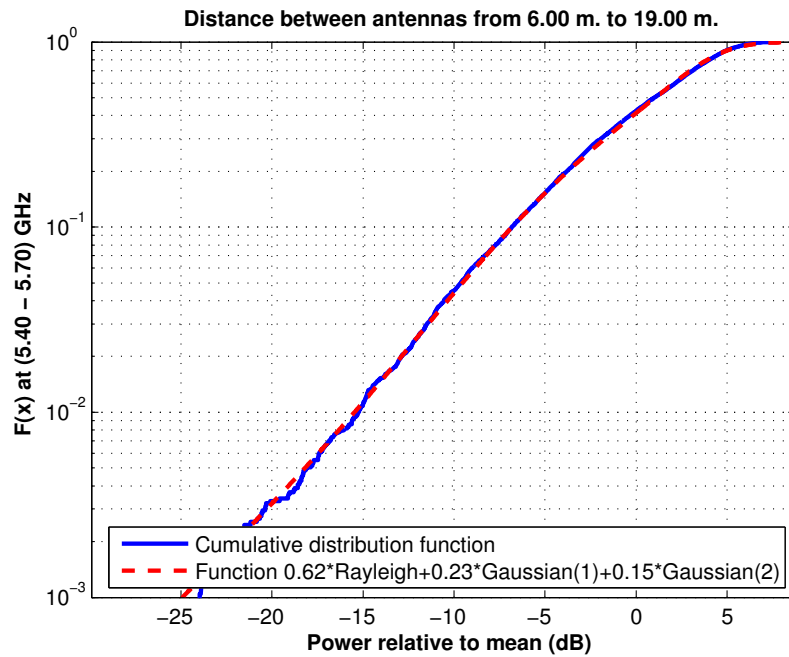


Figura 5.169: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.170 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

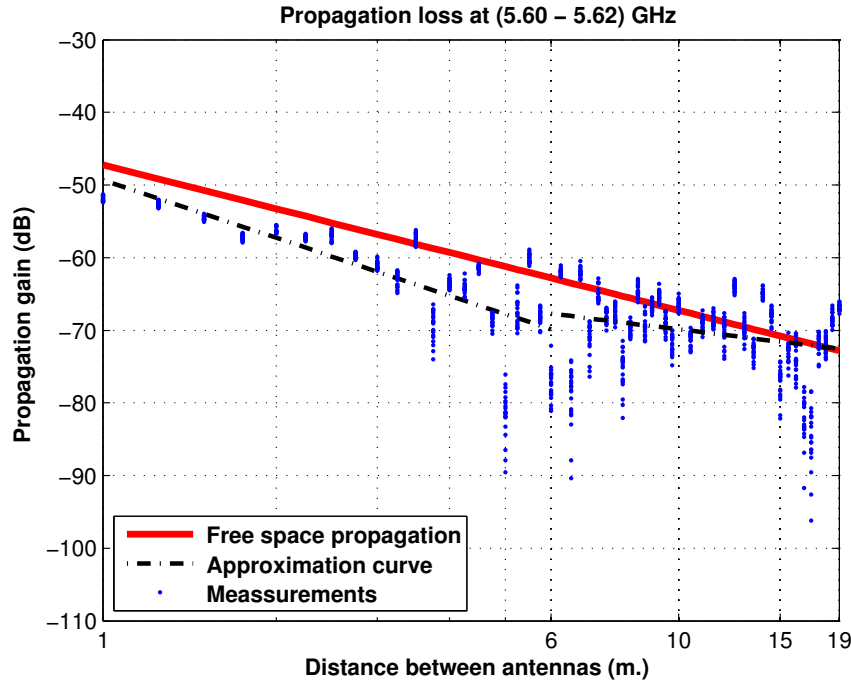


Figura 5.170: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,35 + 26,37 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 67,71 + 9,68 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.64$ es superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 0.97$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.171 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.20$), otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=5.00$, $\sigma=2.50$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=0.50$). La Figura 5.172 representa su correspondiente CDF.

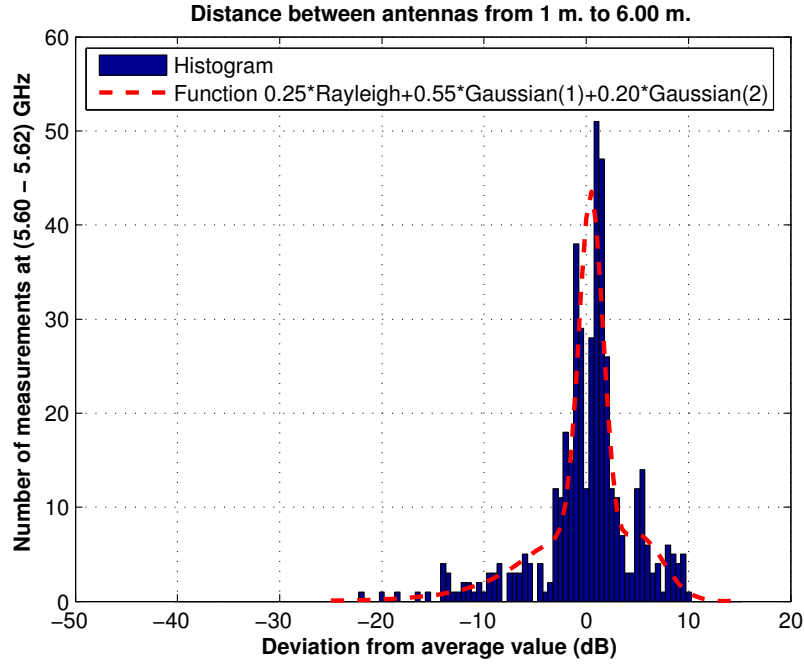


Figura 5.171: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

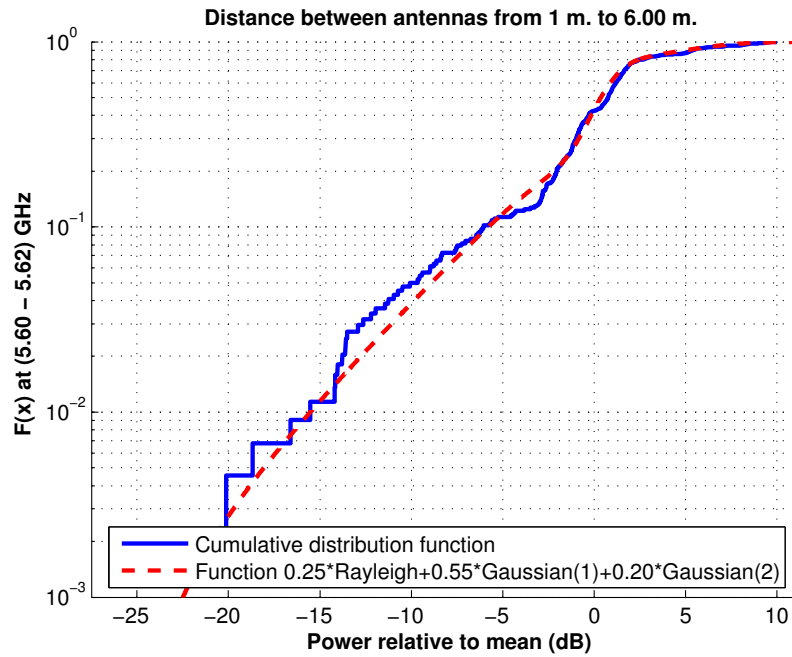


Figura 5.172: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.173 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (17 %, $\mu=3.20$, $\sigma=2.50$), otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (80 %, $\sigma=1.80$). La Figura 5.174 representa su correspondiente CDF.

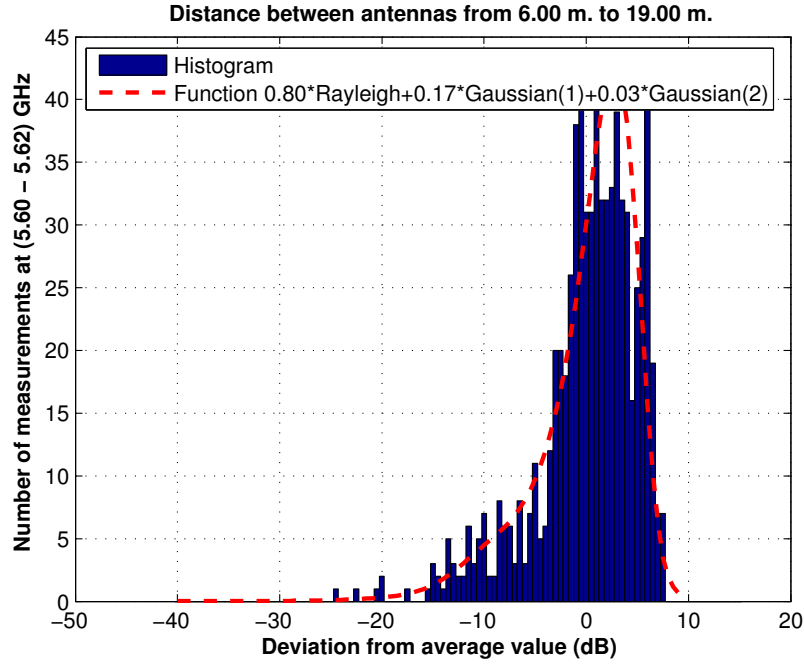


Figura 5.173: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

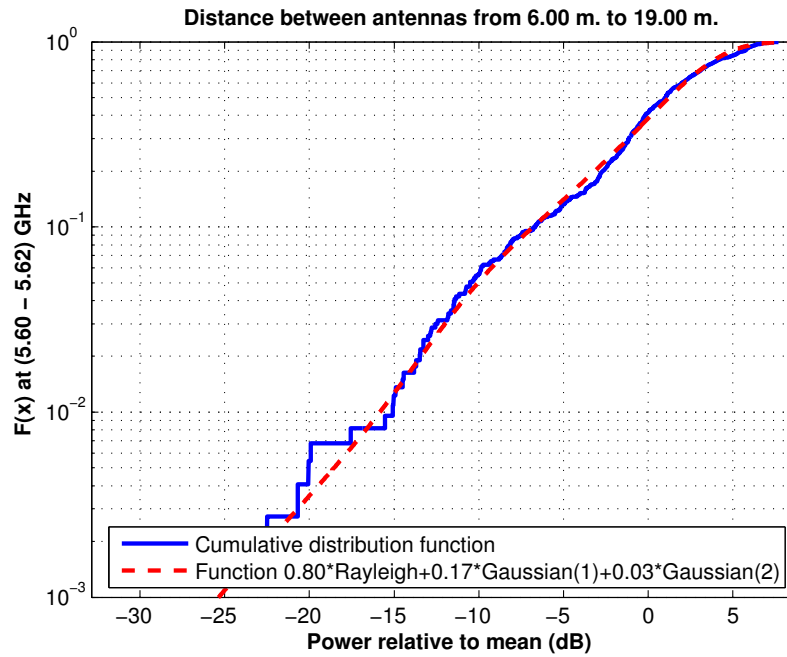


Figura 5.174: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.175 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

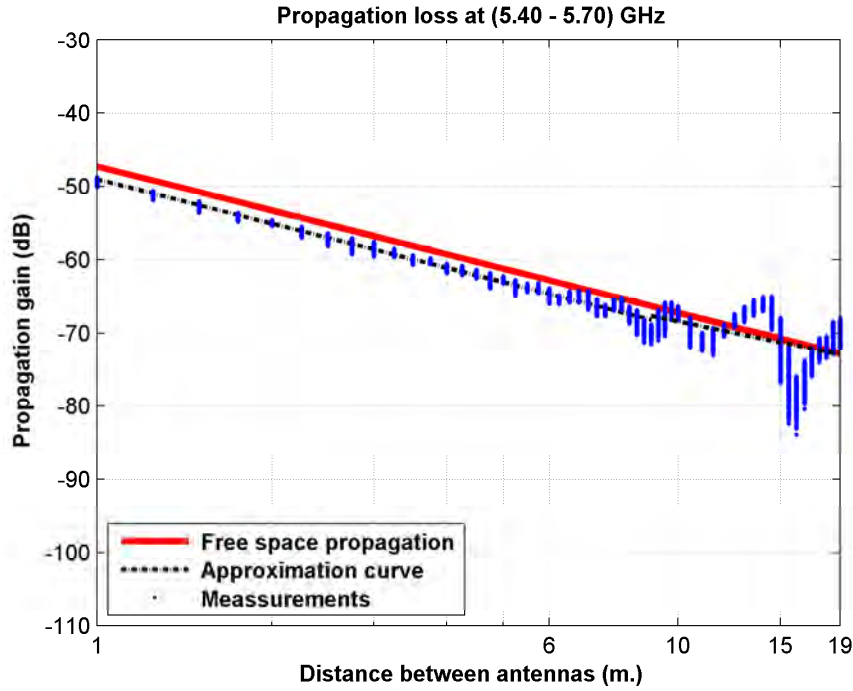


Figura 5.175: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,00 + 20,14 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,68 + 16,21 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.01$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.62$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.176 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.48$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.177 representa su correspondiente CDF.

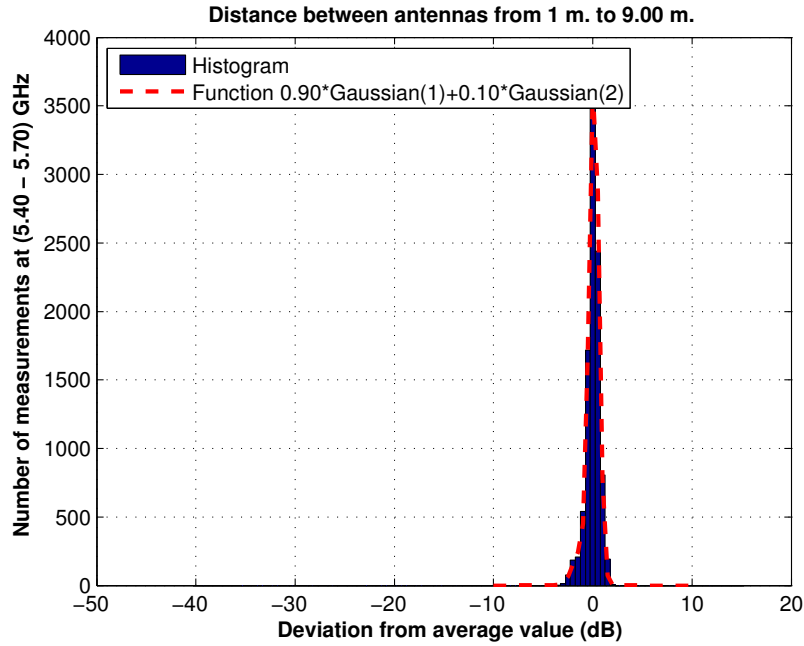


Figura 5.176: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

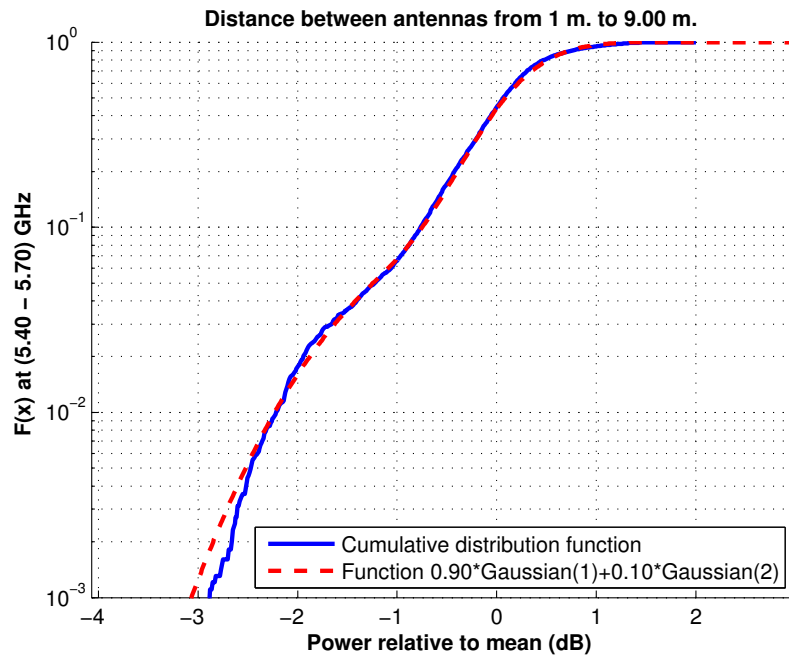


Figura 5.177: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.178 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=-5.50$, $\sigma=2.50$), otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=-2.50$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (85 %, $\mu=0.90$, $\sigma=2.20$). La Figura 5.179 representa su correspondiente CDF.

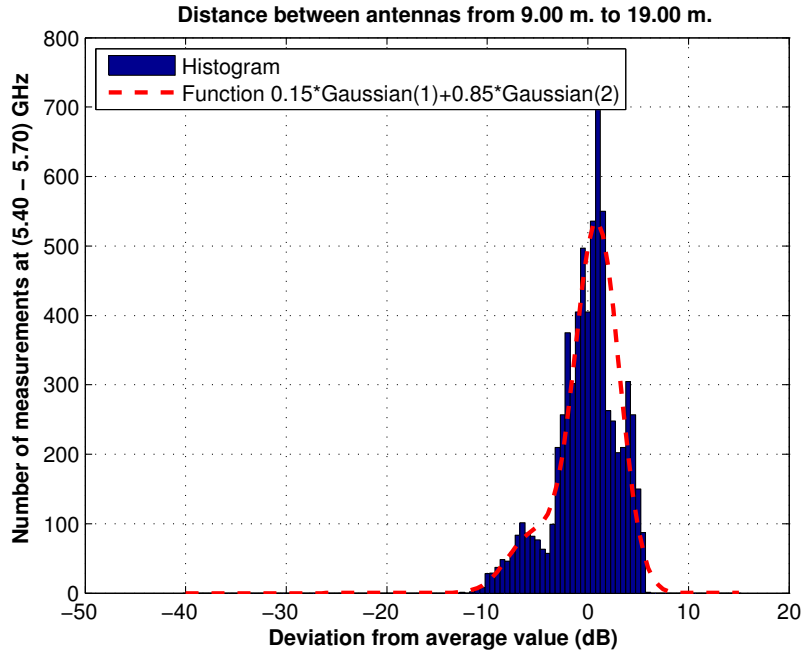


Figura 5.178: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

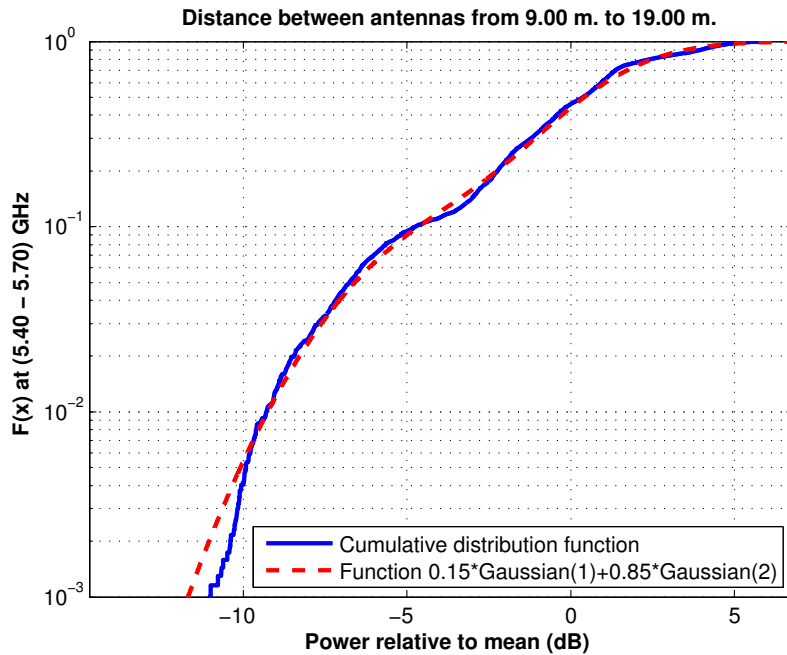


Figura 5.179: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.180 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

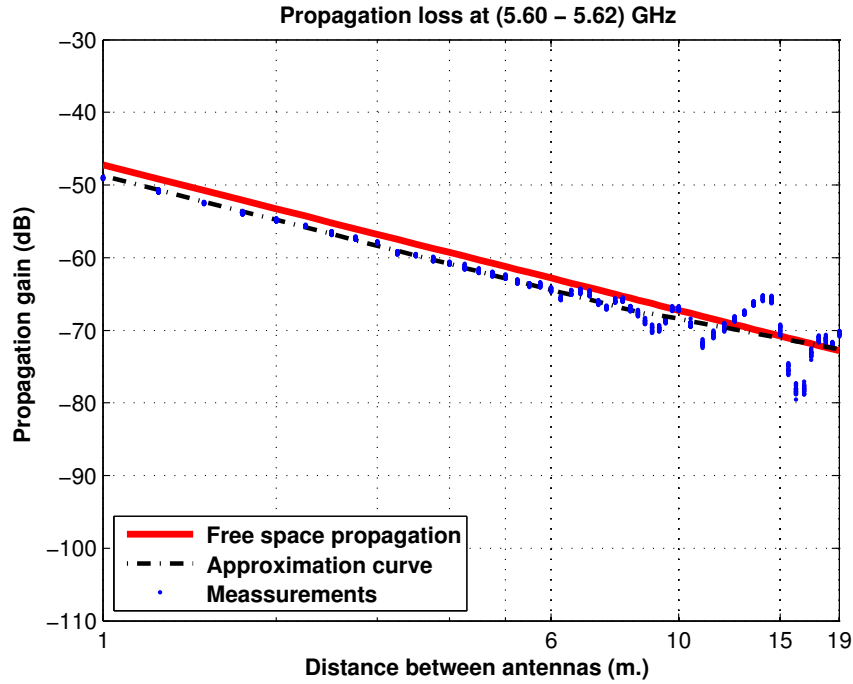


Figura 5.180: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,73 + 20,17 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,74 + 15,08 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.02$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.51$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.181 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.52$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-1.50$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.182 representa su correspondiente CDF.

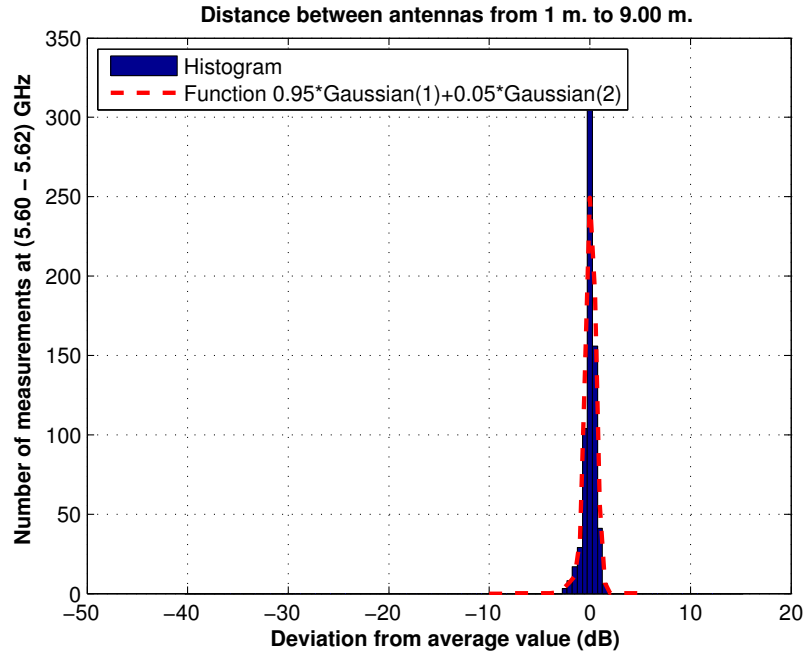


Figura 5.181: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

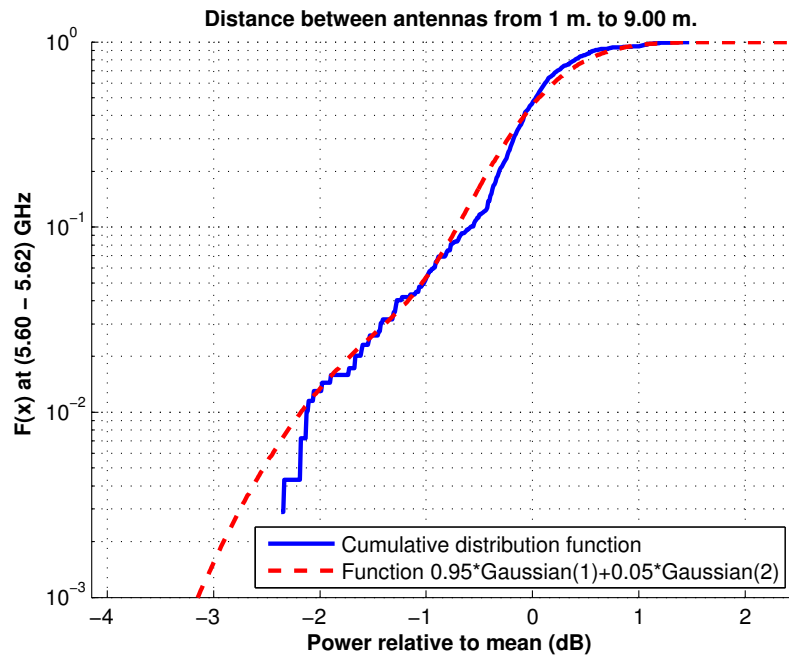


Figura 5.182: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.183 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=1.30$, $\sigma=1.00$), otra Función Gaussiana (55 %, $\mu=-1.50$, $\sigma=3.50$). La Figura 5.184 representa su correspondiente CDF.

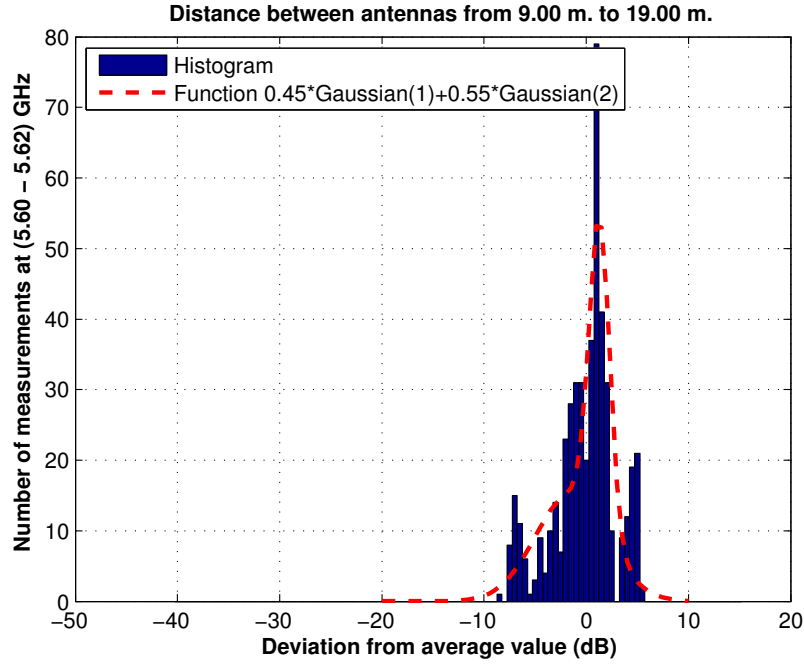


Figura 5.183: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

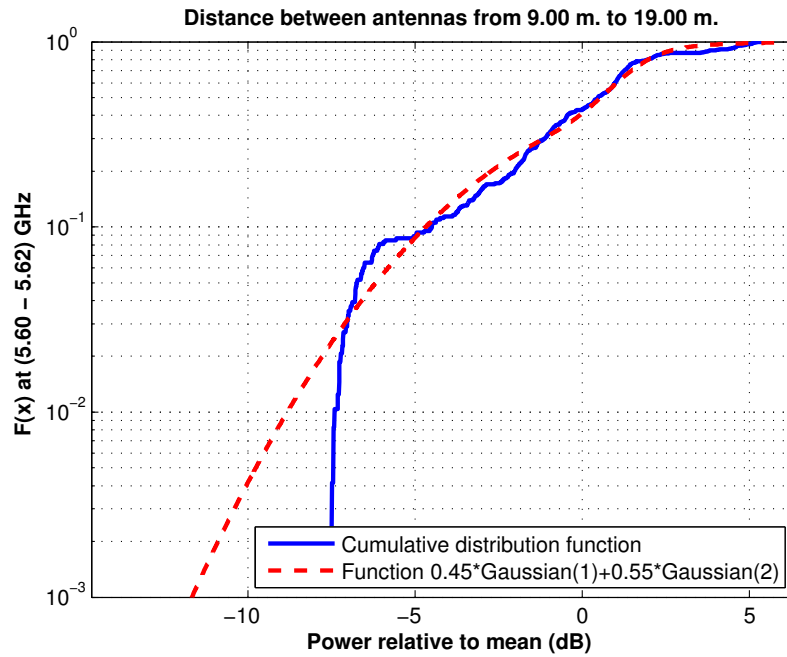


Figura 5.184: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.185 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

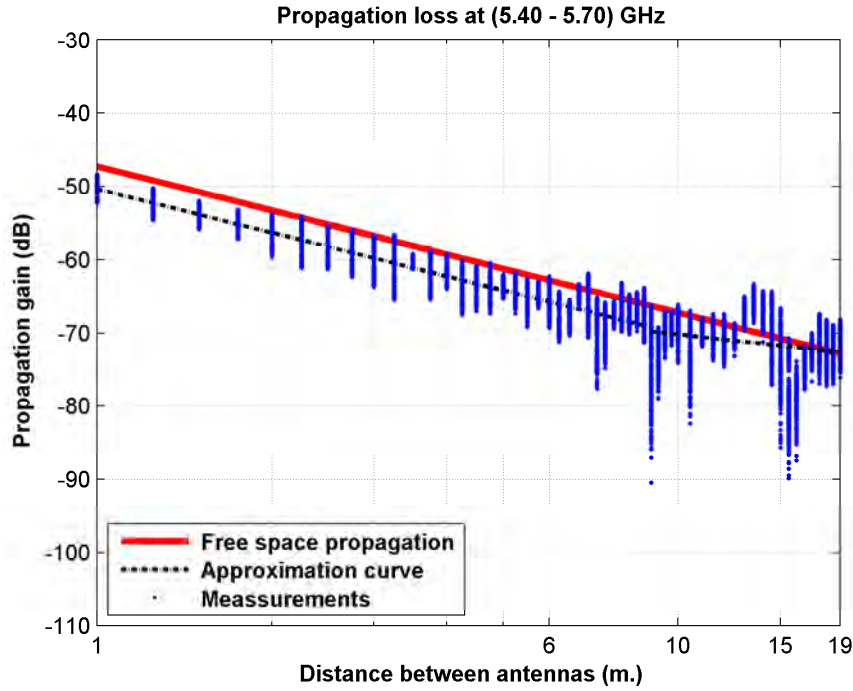


Figura 5.185: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,36 + 19,78 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,82 + 8,66 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 0.87$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.186 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (52 %, $\mu=1.25$, $\sigma=1.10$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=1.90$) y una Función Rayleigh (3 %, $\sigma=0.40$). La Figura 5.187 representa su correspondiente CDF.

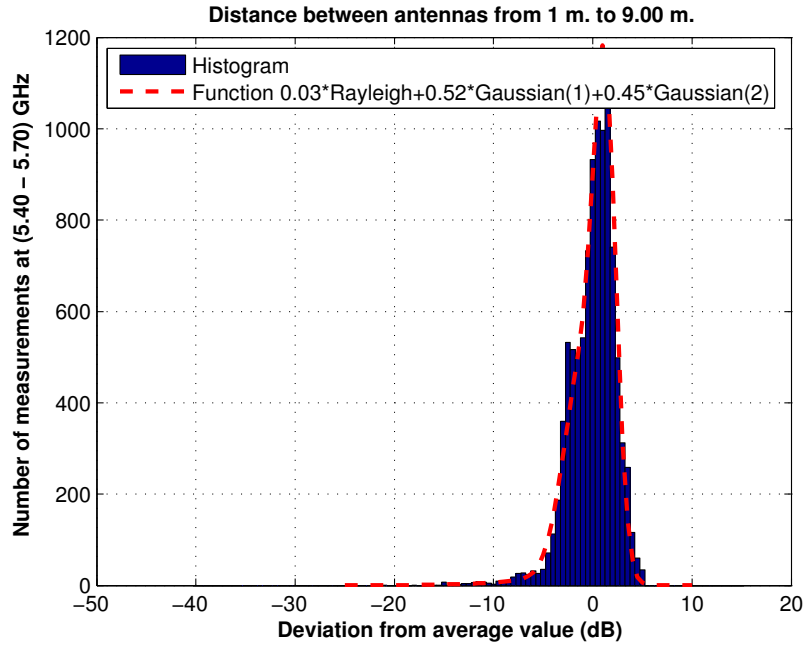


Figura 5.186: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

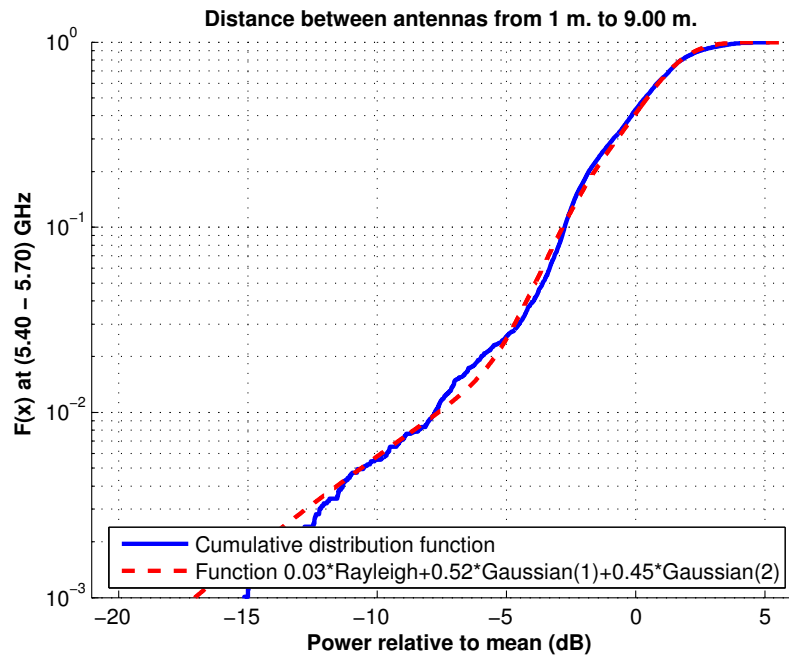


Figura 5.187: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.188 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (61 %, $\mu=1.30$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (32 %, $\mu=-2.40$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (7 %, $\sigma=1.40$). La Figura 5.189 representa su correspondiente CDF.

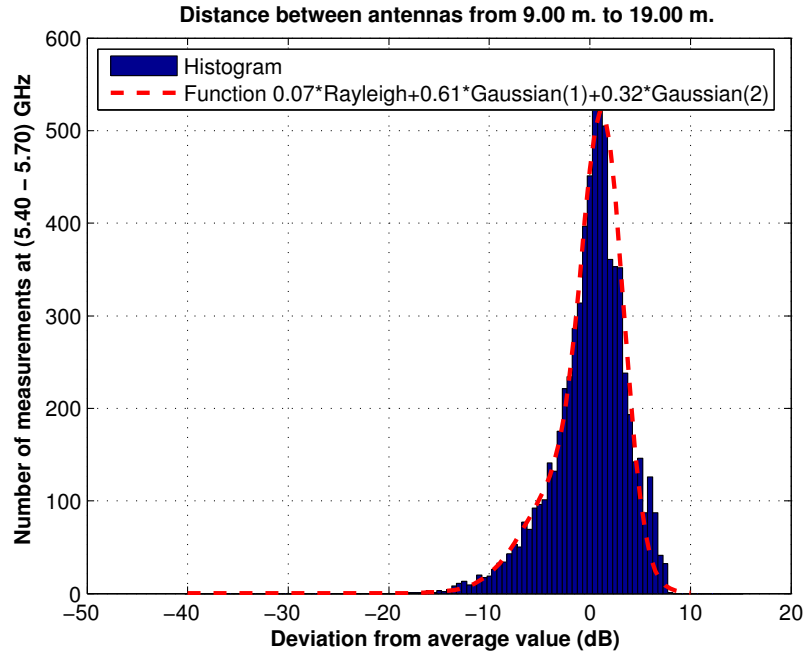


Figura 5.188: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

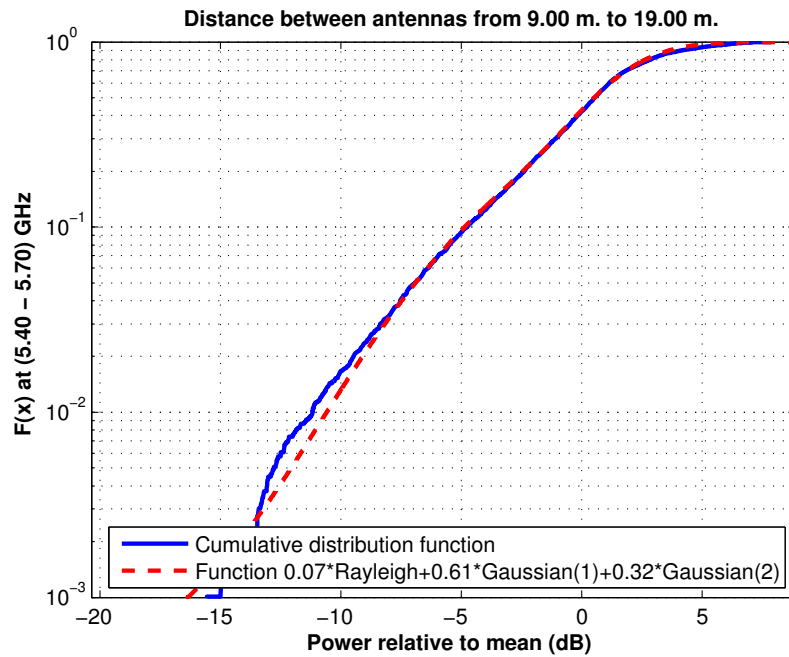


Figura 5.189: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.190 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

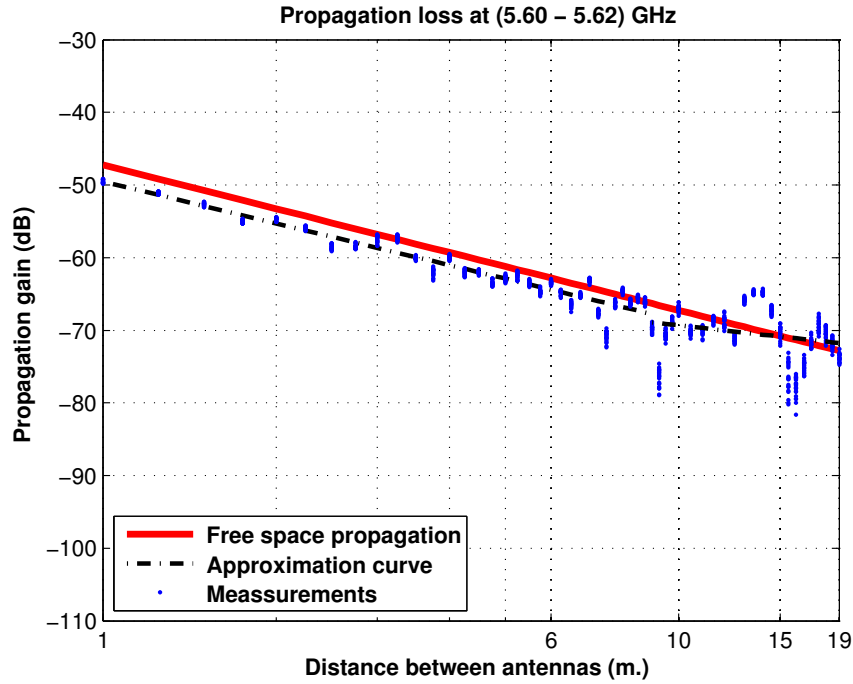


Figura 5.190: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,53 + 19,11 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,92 + 8,76 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.91$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 0.88$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.191 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (97 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.15$) y otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-4.50$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.192 representa su correspondiente CDF.

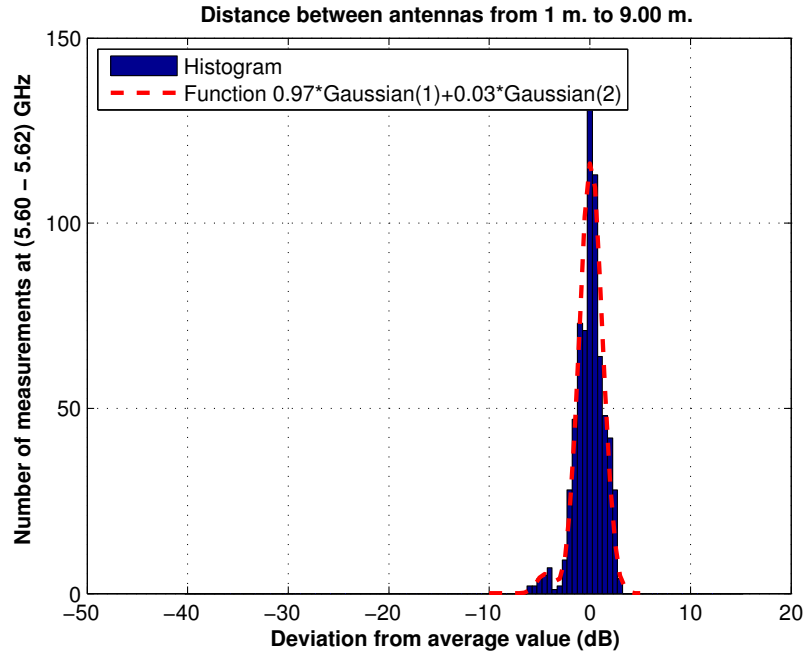


Figura 5.191: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

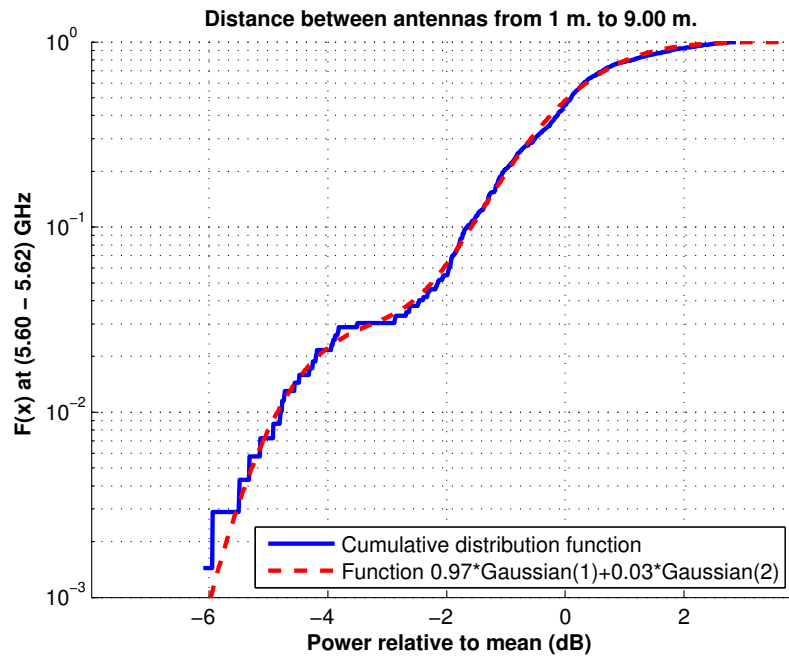


Figura 5.192: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.193 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (47 %, $\mu=1.00$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (3 %, $\sigma=0.20$). La Figura 5.194 representa su correspondiente CDF.

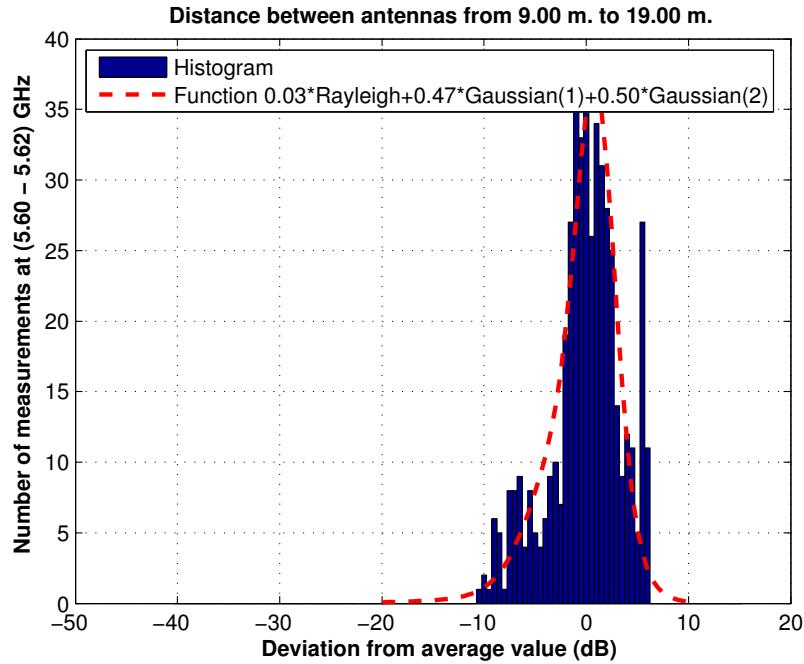


Figura 5.193: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

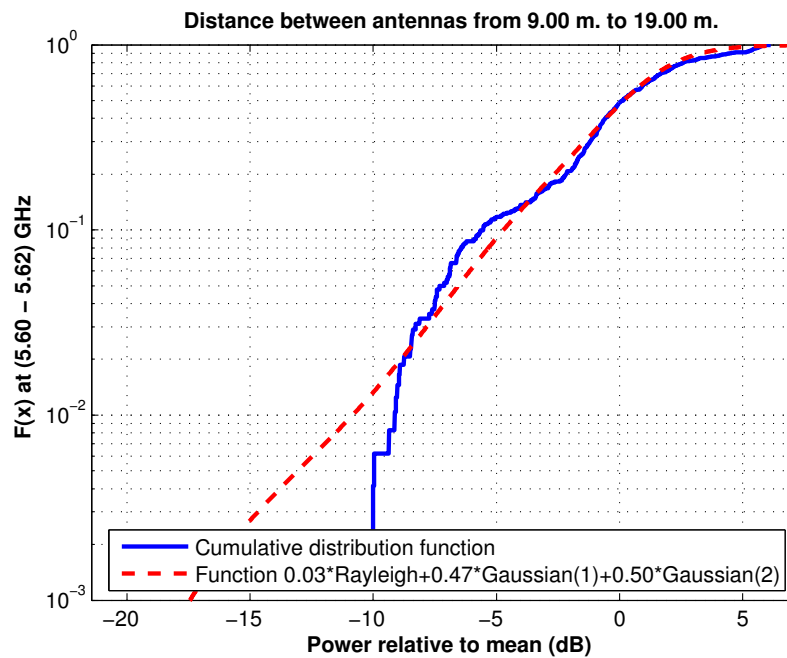


Figura 5.194: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.195 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

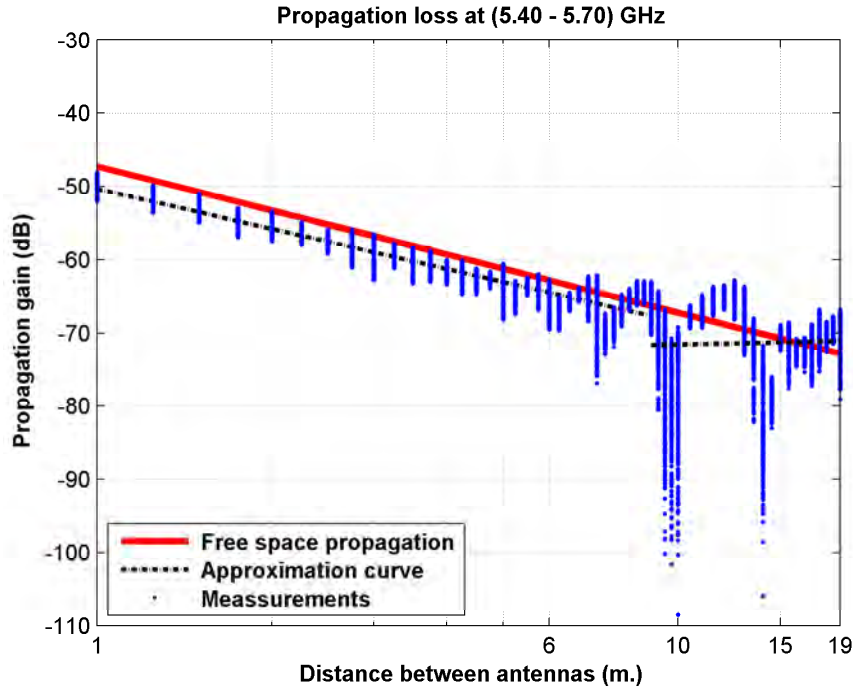


Figura 5.195: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,27 + 18,56 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,39 + 5,08 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.86$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 0.51$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.196 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.15$) y otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-2.10$, $\sigma=2.20$). La Figura 5.197 representa su correspondiente CDF.

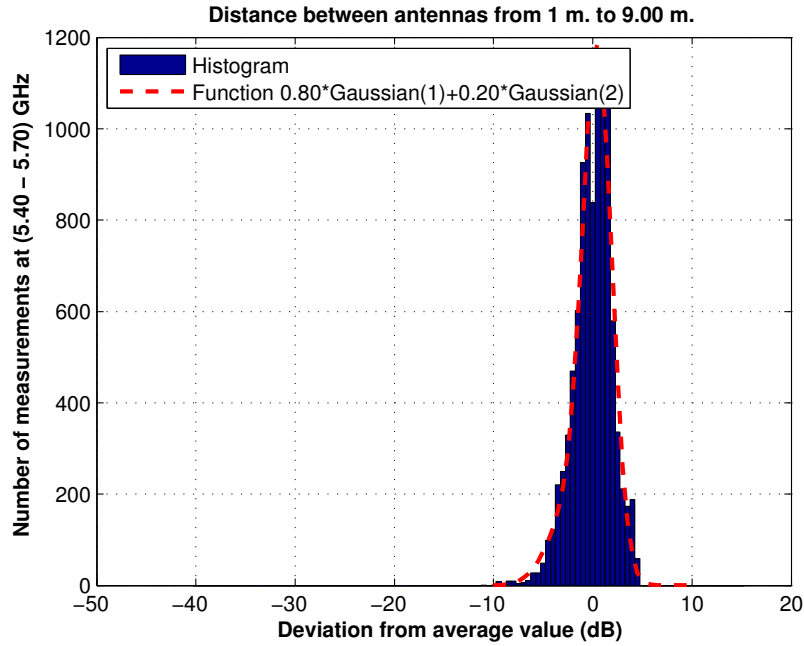


Figura 5.196: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

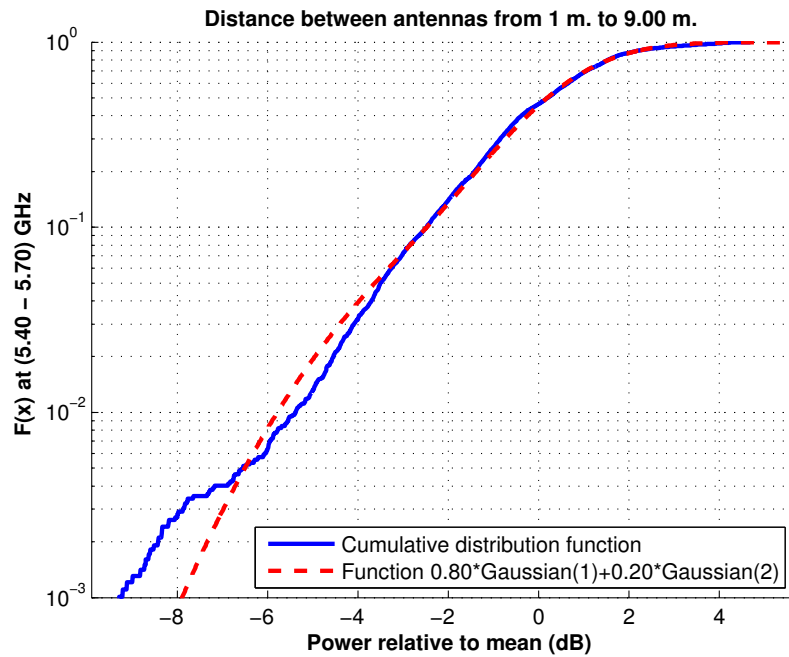


Figura 5.197: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.198 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=1.10$, $\sigma=2.80$), otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=6.00$, $\sigma=1.00$) y una Función Rayleigh (13 %, $\sigma=0.12$). La Figura 5.199 representa su correspondiente CDF.

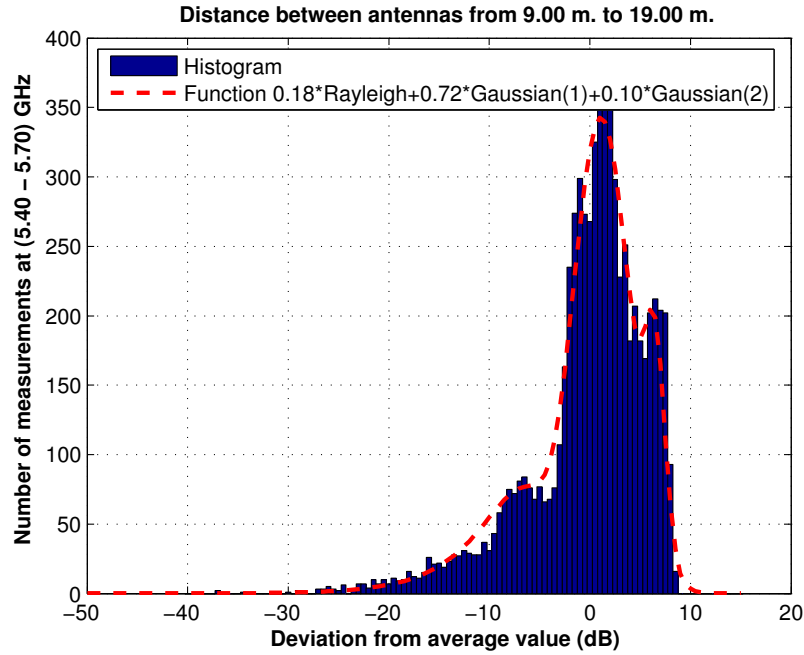


Figura 5.198: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

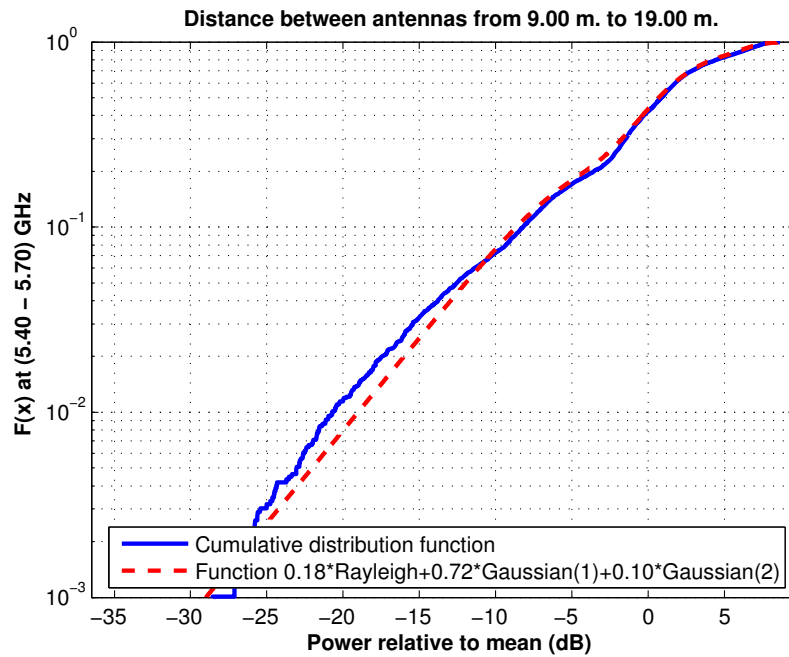


Figura 5.199: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.200 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

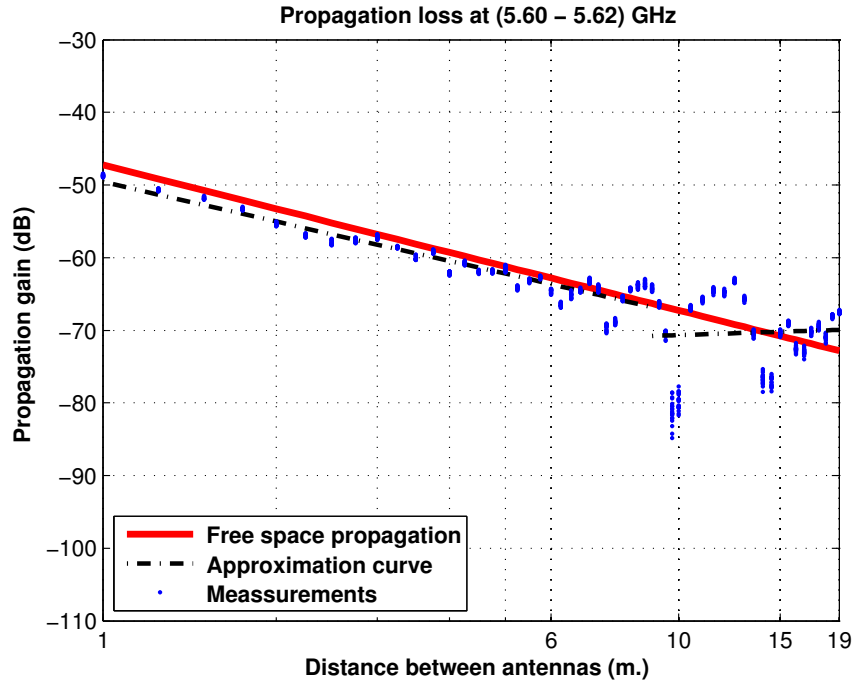


Figura 5.200: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,59 + 18,06 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,77 - 2,55 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.81$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = -0.26$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.201 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.30$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-3.00$, $\sigma=1.00$). La Figura 5.202 representa su correspondiente CDF.

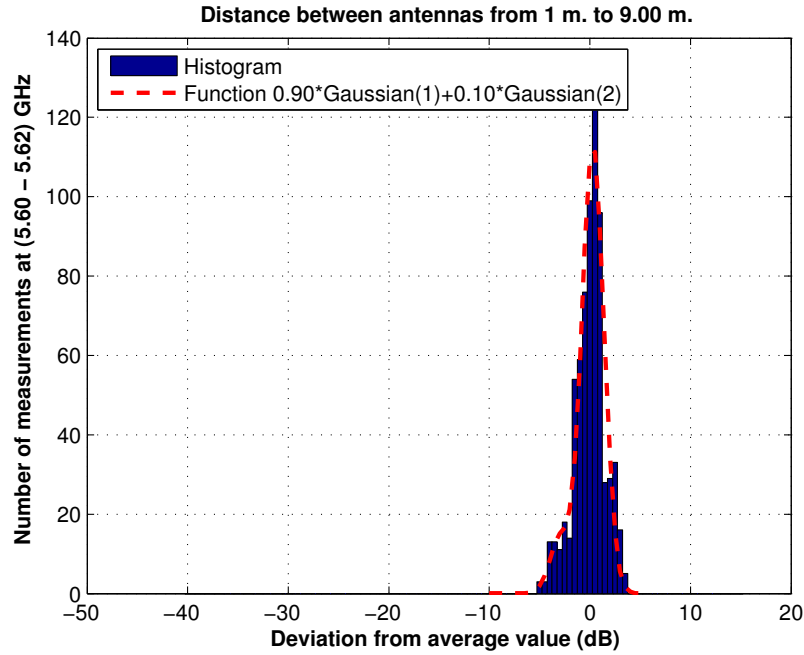


Figura 5.201: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

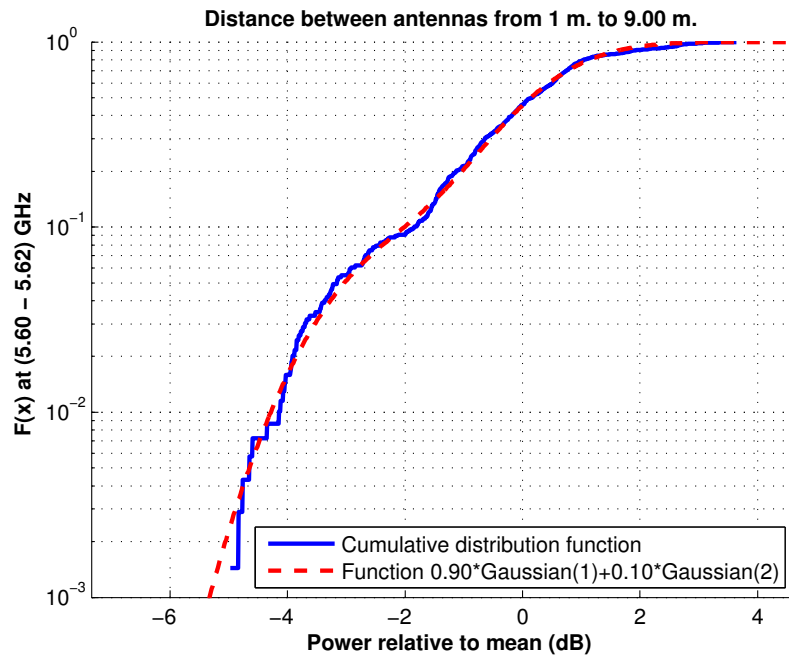


Figura 5.202: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.203 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=1.50$, $\sigma=3.20$) y otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-8.50$, $\sigma=2.10$). La Figura 5.204 representa su correspondiente CDF.

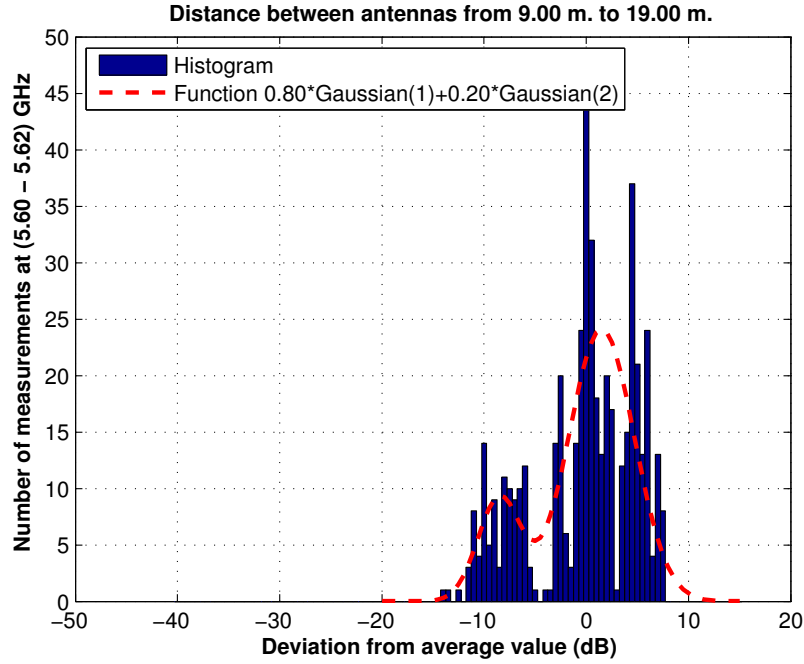


Figura 5.203: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

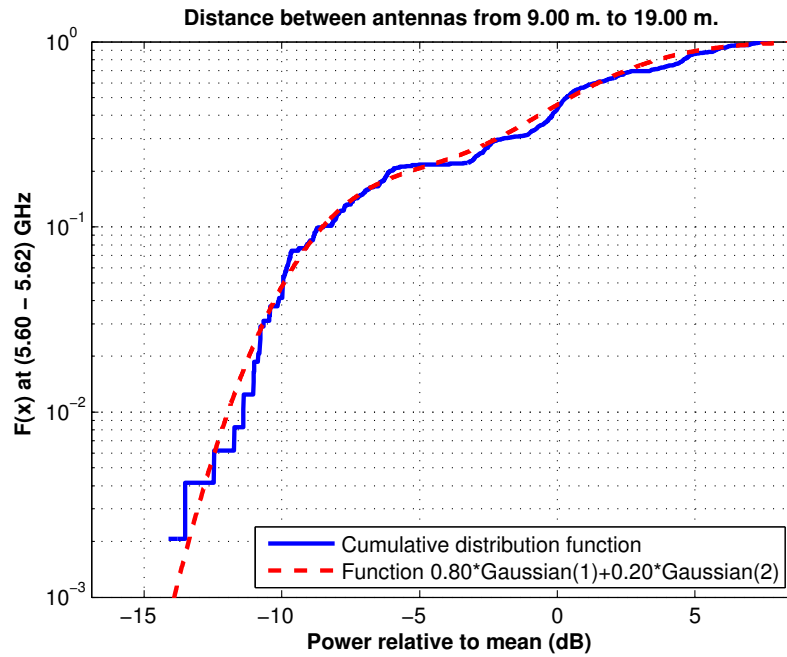


Figura 5.204: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.205 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

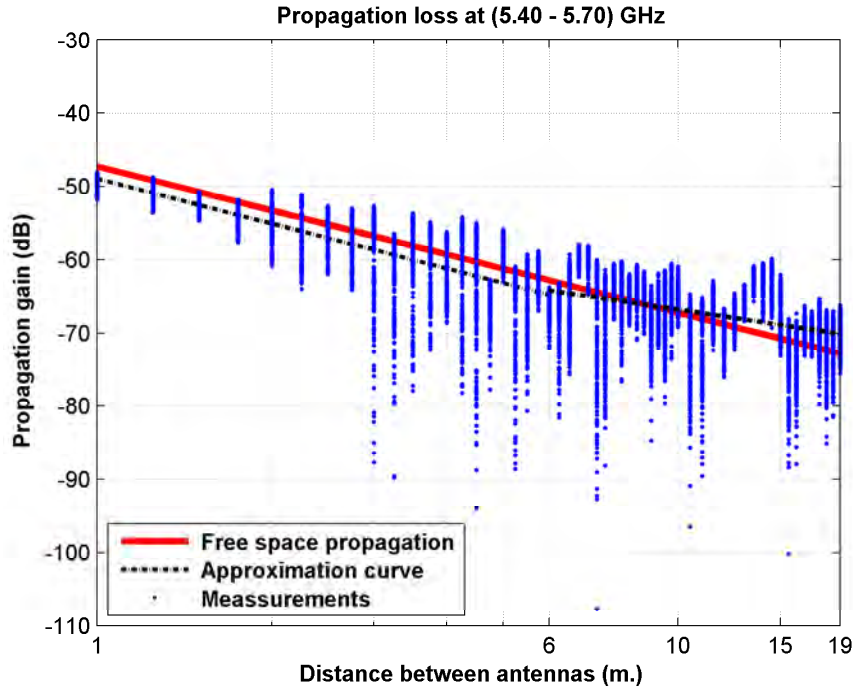


Figura 5.205: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,95 + 20,37 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,19 + 11,85 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 2.04$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.18$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar aproximadamente como una guía de onda.

La Figura 5.206 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (10 %, $\mu=4.00$, $\sigma=0.85$), otra Función Gaussiana (51 %, $\mu=1.60$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (39 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.207 representa su correspondiente CDF.

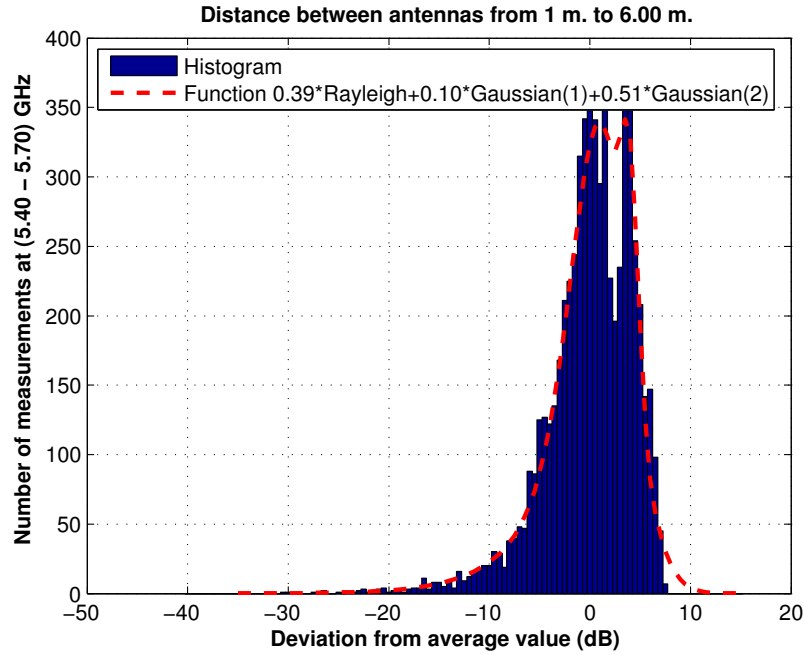


Figura 5.206: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

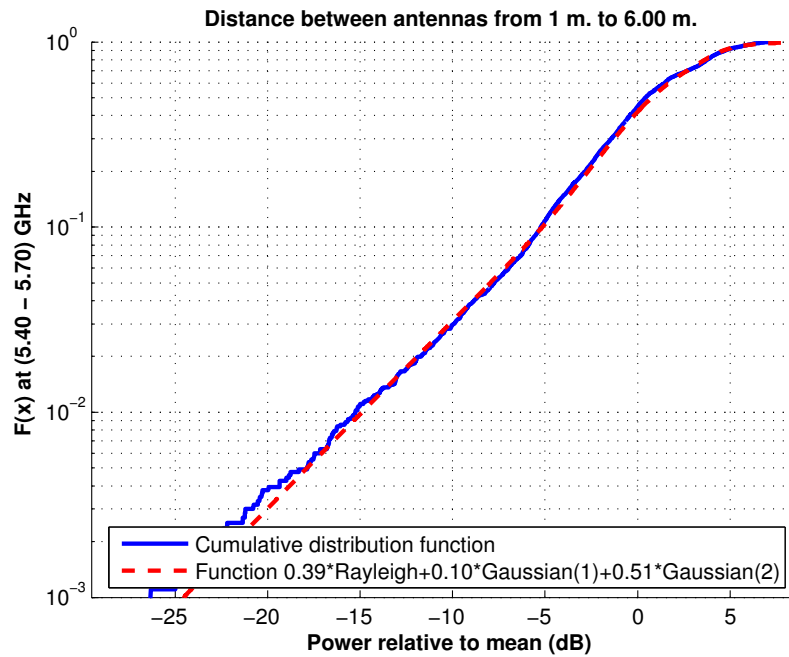


Figura 5.207: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.208 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=1.00$, $\sigma=2.10$), otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-2.50$, $\sigma=5.00$) y una Función Rayleigh (40 %, $\sigma=1.90$). La Figura 5.209 representa su correspondiente CDF.

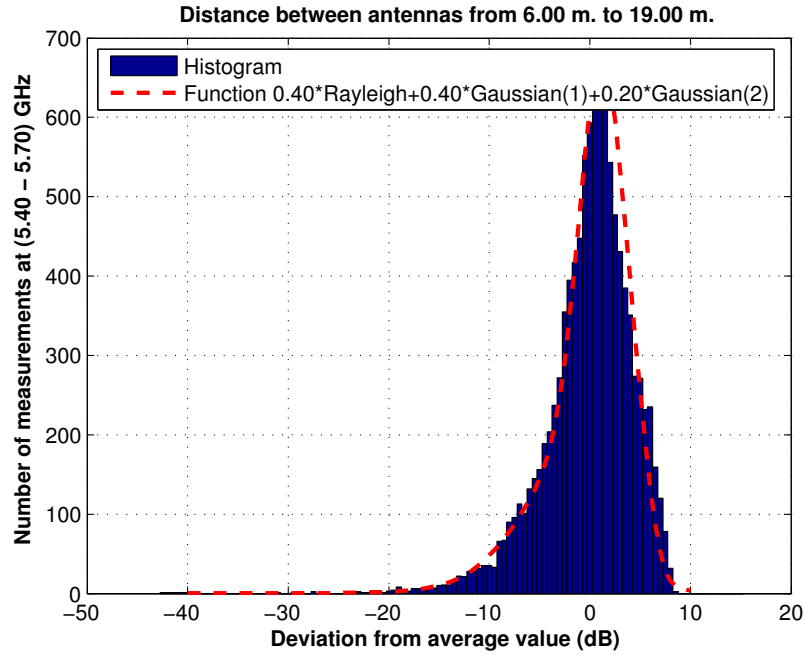


Figura 5.208: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

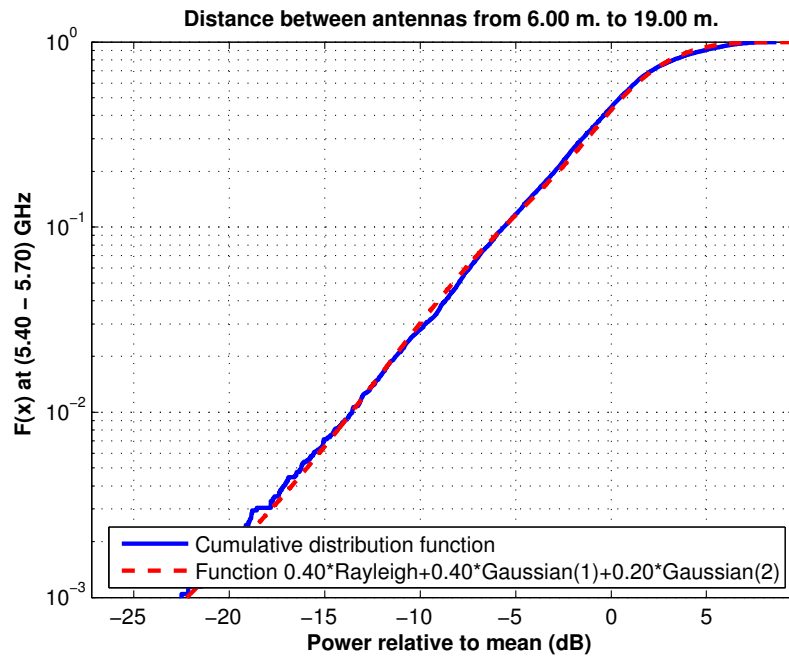


Figura 5.209: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.210 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

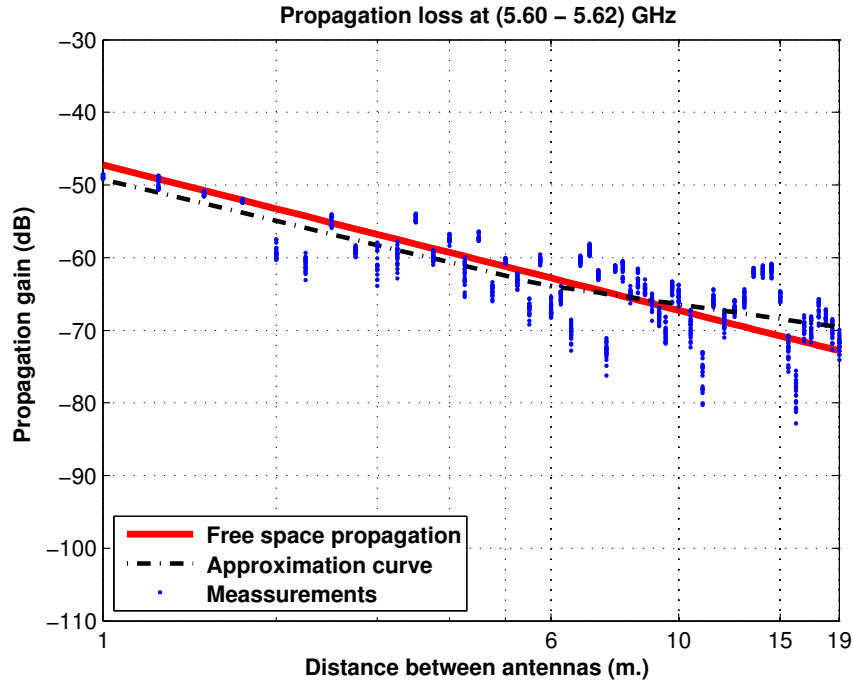


Figura 5.210: Pérdidas de propagación en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,24 + 18,96 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,90 + 11,35 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1 = 1.90$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS} = 2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2 = 1.14$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar aproximadamente como una guía de onda.

La Figura 5.211 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=2.00$, $\sigma=1.60$) y otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=-2.80$, $\sigma=1.70$). La Figura 5.212 representa su correspondiente CDF.

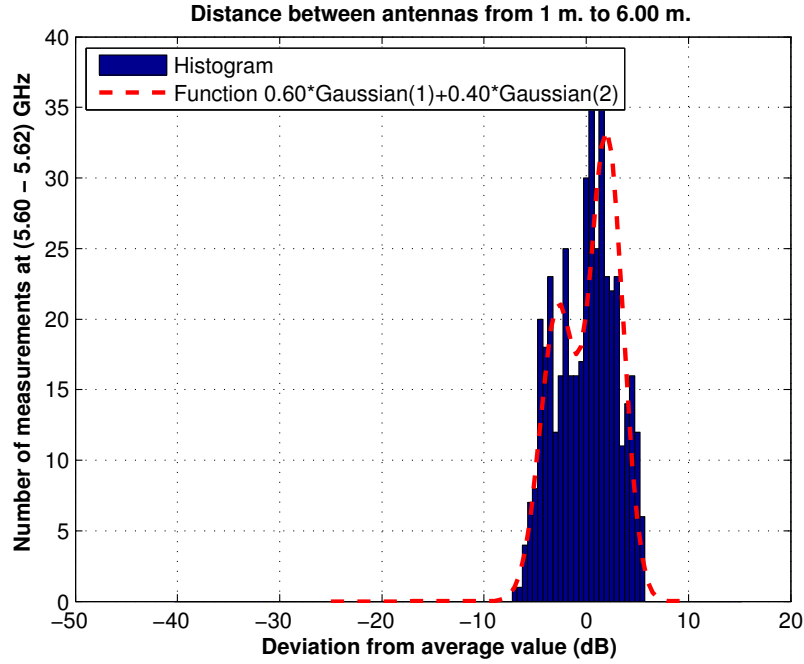


Figura 5.211: Histograma 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

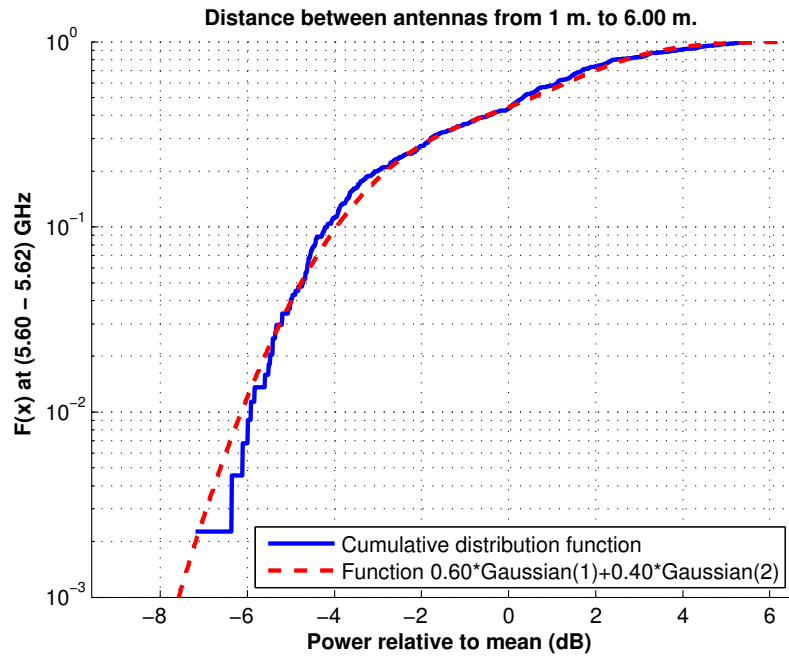


Figura 5.212: CDF 1 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.213 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=1.20$, $\sigma=2.60$), otra Función Gaussiana (21 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (14 %, $\sigma=2.10$). La Figura 5.214 representa su correspondiente CDF.

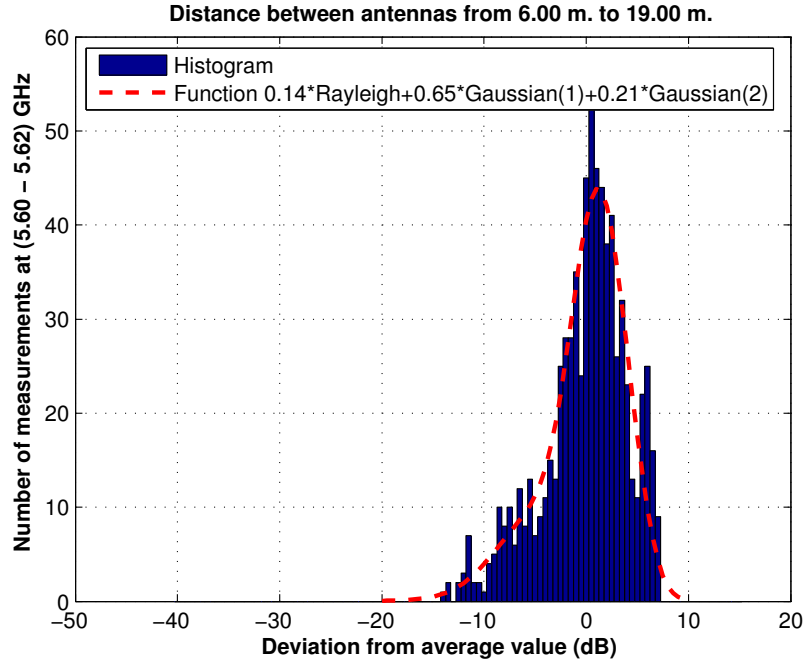


Figura 5.213: Histograma 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

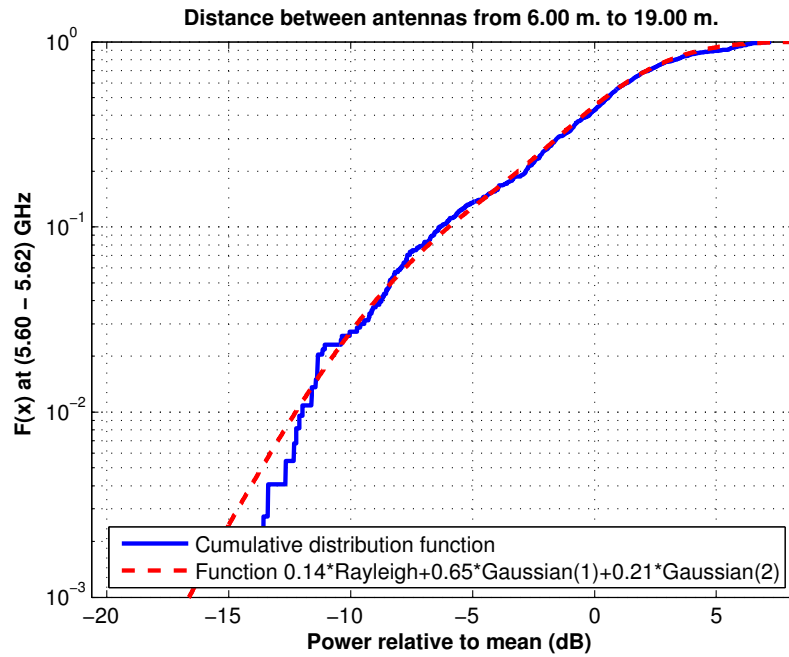


Figura 5.214: CDF 2 en pasillo de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

5.1.8. Escenario 11: Pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C

Entorno: Pasillo central lejos de la pared, Planta Baja, Edificio C.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz.

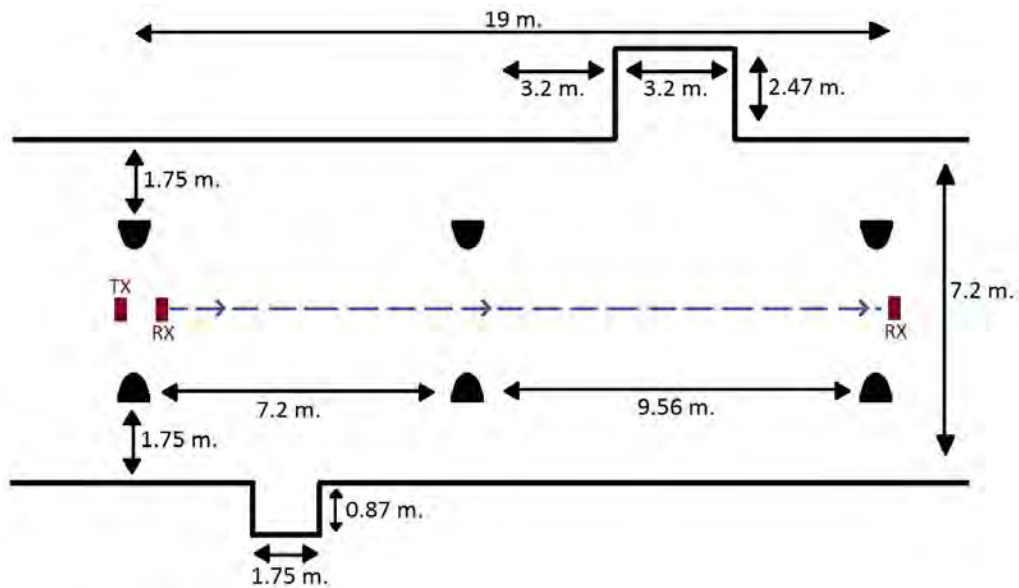


Figura 5.215: Plano del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C



Figura 5.216: Foto del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.217 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

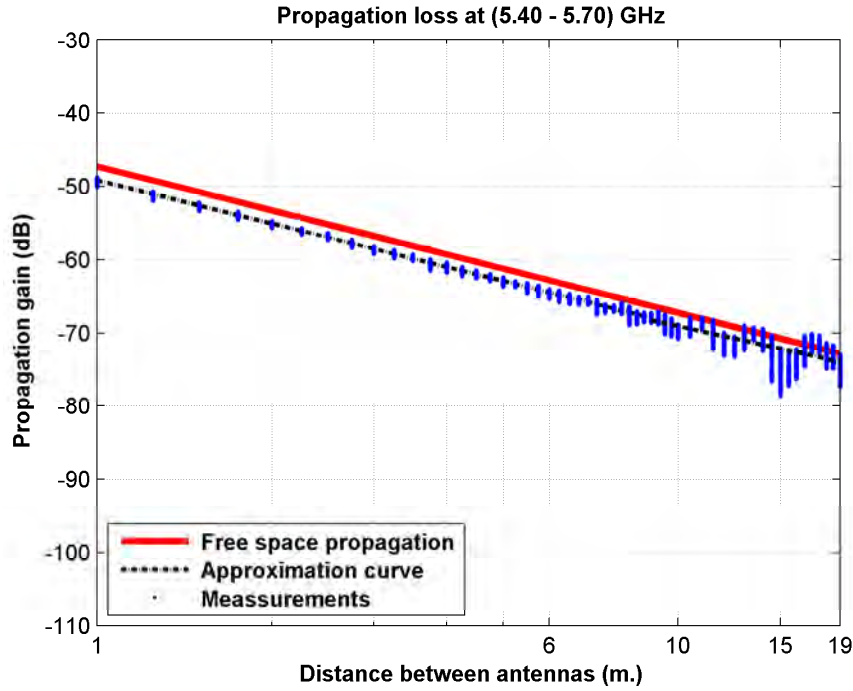


Figura 5.217: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,13 + 19,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,27 + 17,48 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.75$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.218 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.64$). La Figura 5.219 representa su correspondiente CDF.

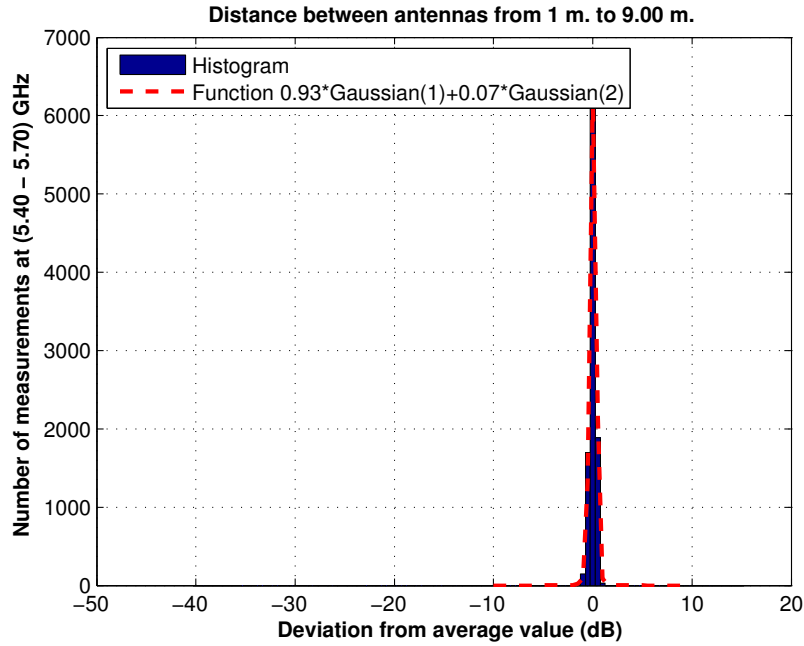


Figura 5.218: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

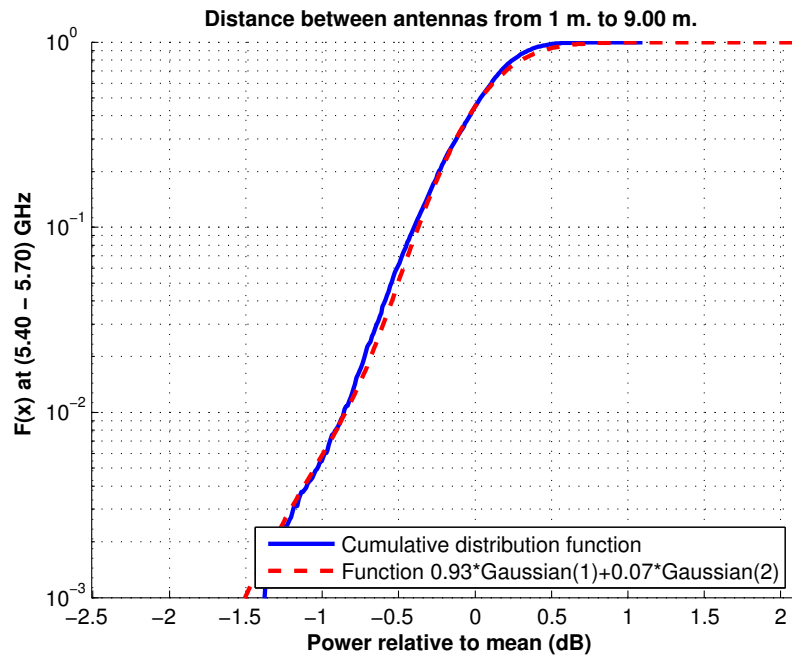


Figura 5.219: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.220 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.20$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-2.50$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.221 representa su correspondiente CDF.

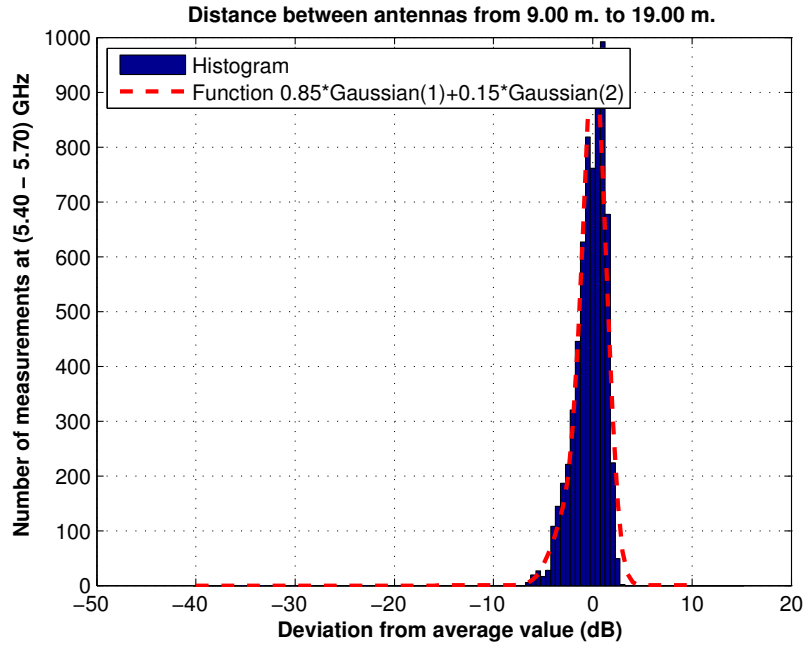


Figura 5.220: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

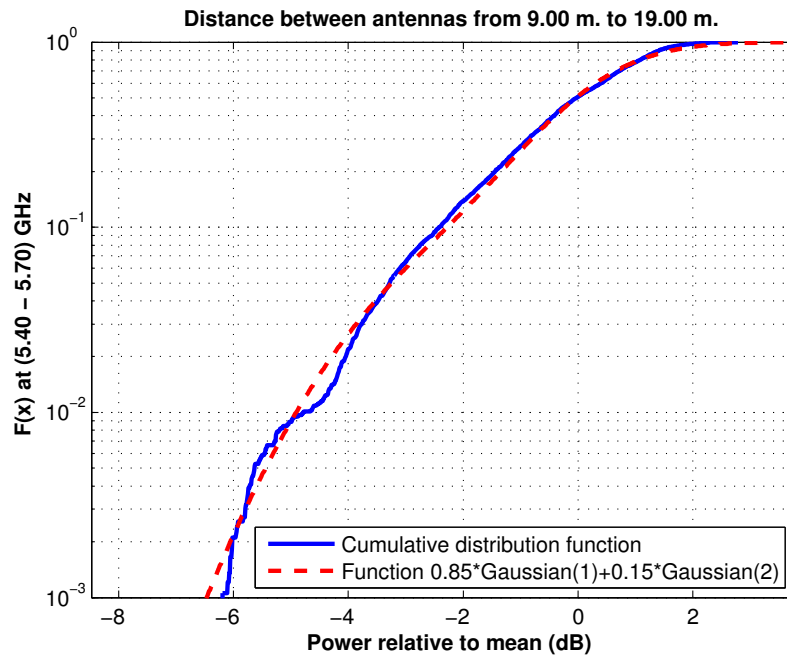


Figura 5.221: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.222 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

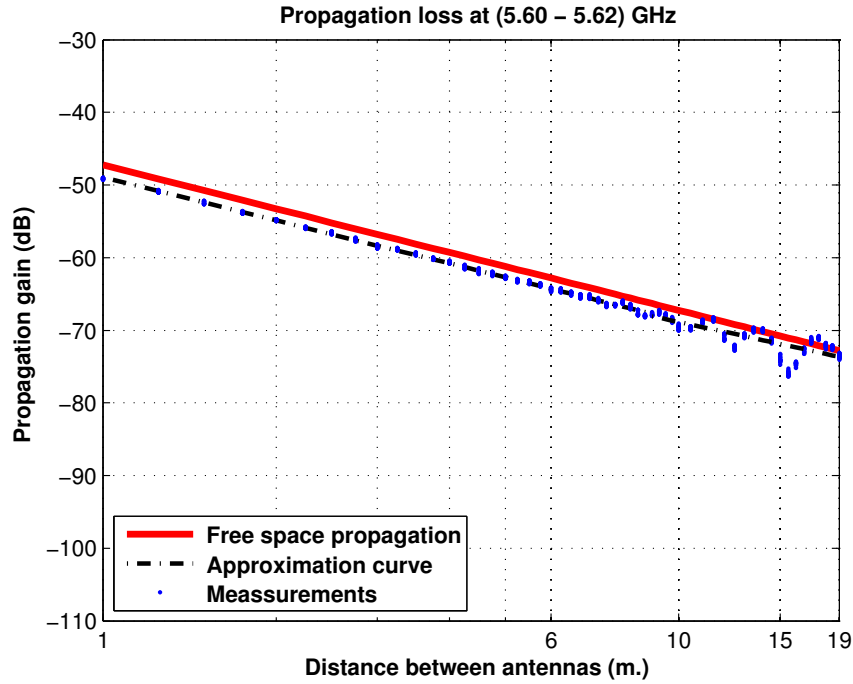


Figura 5.222: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,64 + 19,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,77 + 17,19 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.72$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.223 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.32$) y otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=0.40$, $\sigma=0.30$). La Figura 5.224 representa su correspondiente CDF.

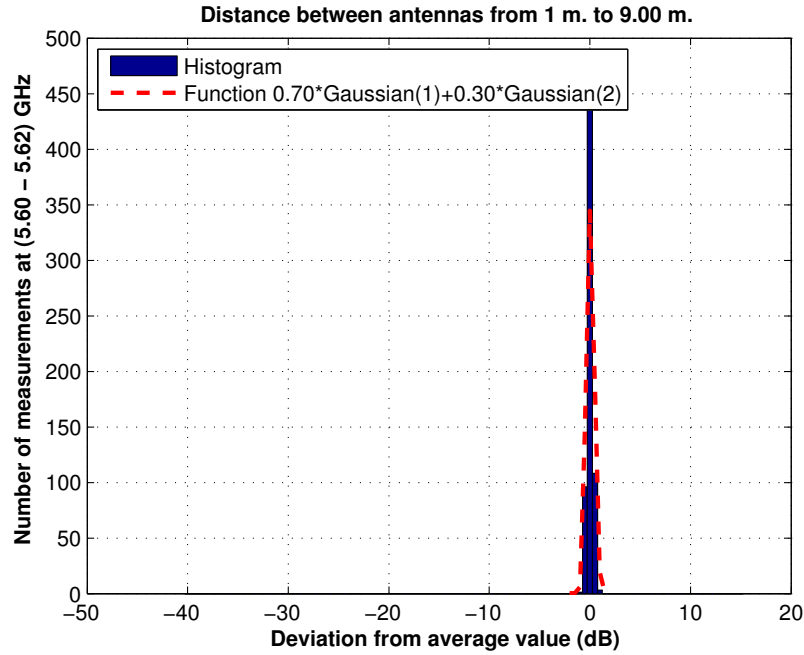


Figura 5.223: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

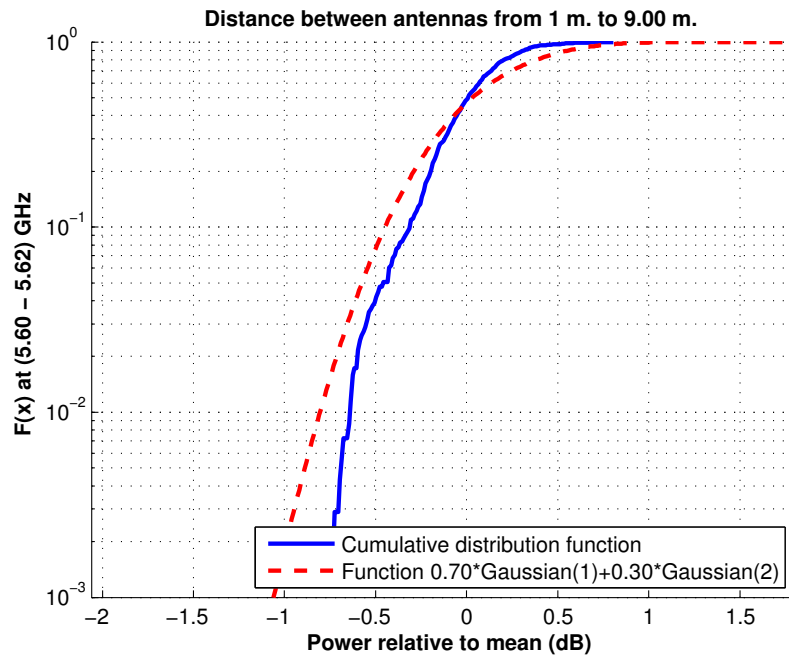


Figura 5.224: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.225 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=0.50$, $\sigma=0.85$) y otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=1.30$). La Figura 5.226 representa su correspondiente CDF.

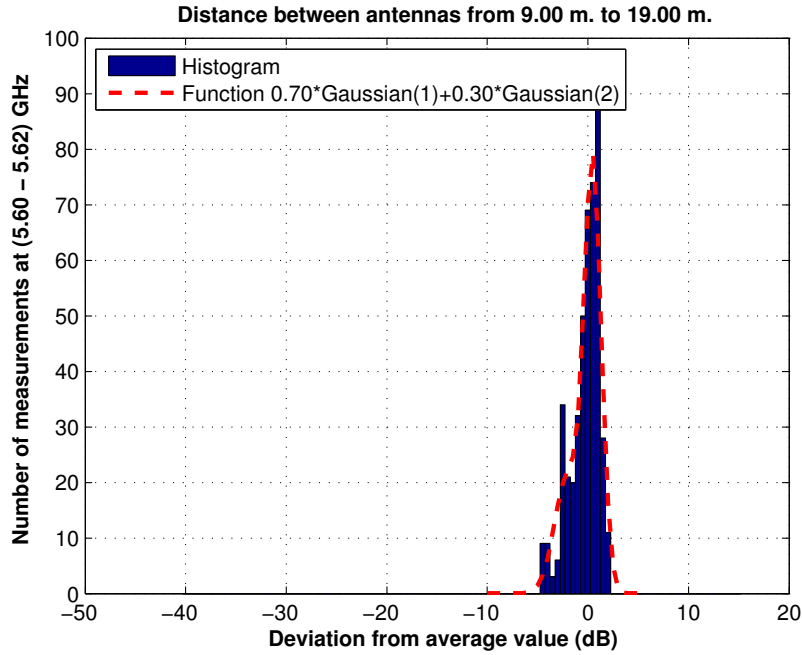


Figura 5.225: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

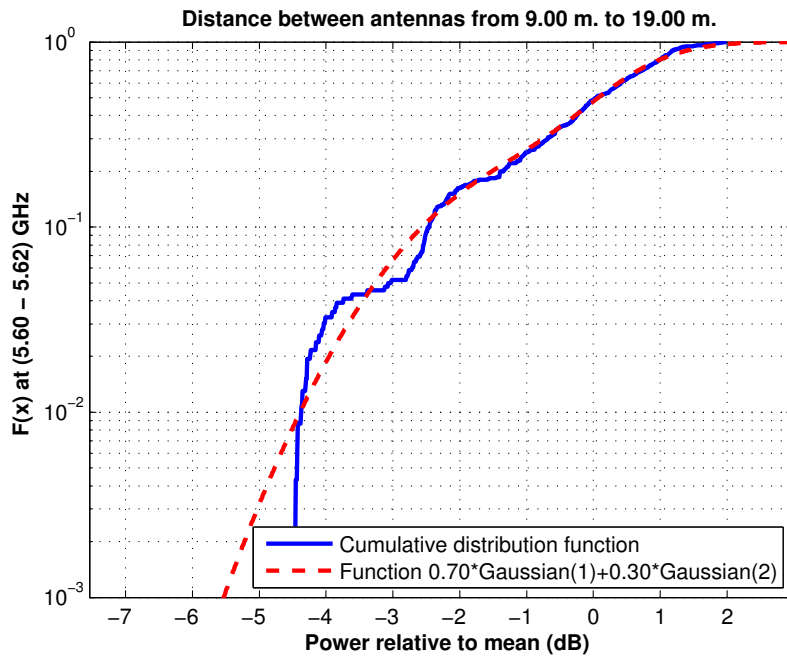


Figura 5.226: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.227 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

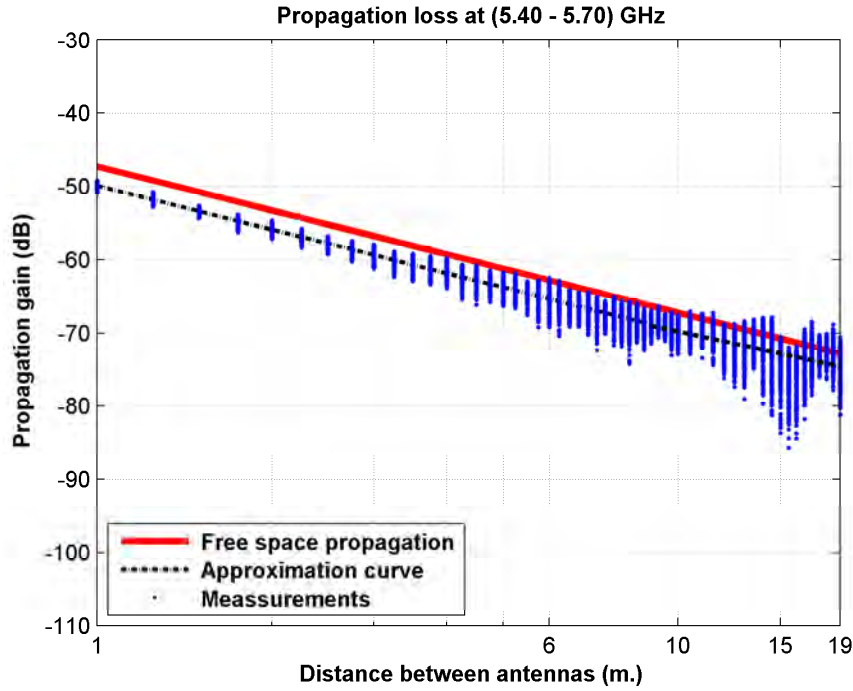


Figura 5.227: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,89 + 19,87 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,03 + 17,07 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.71$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.228 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.90$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.229 representa su correspondiente CDF.

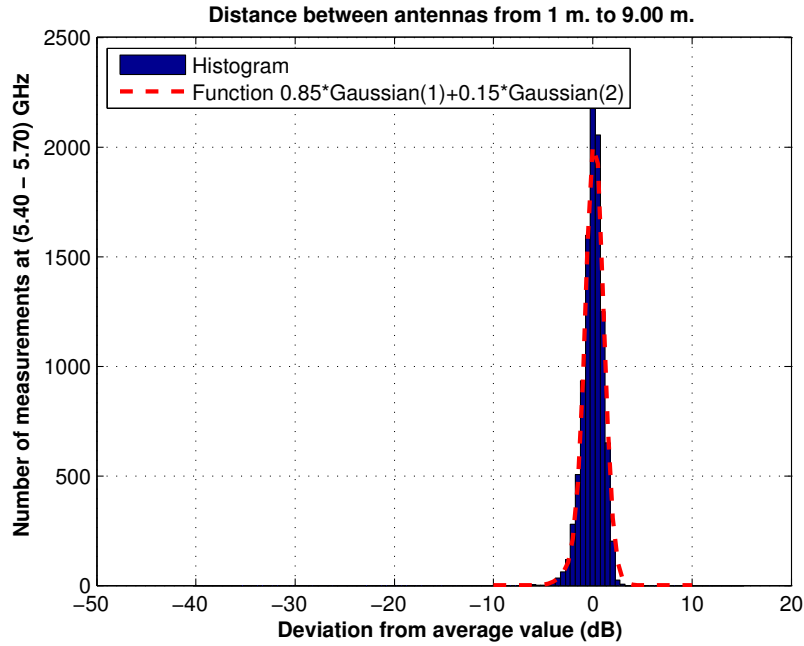


Figura 5.228: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

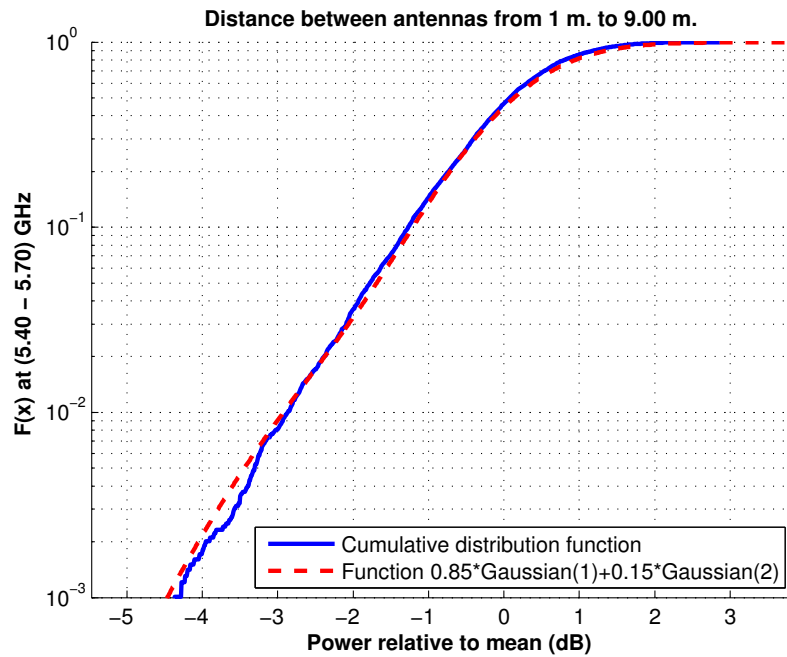


Figura 5.229: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.230 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.30$) y otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=3.30$). La Figura 5.231 representa su correspondiente CDF.

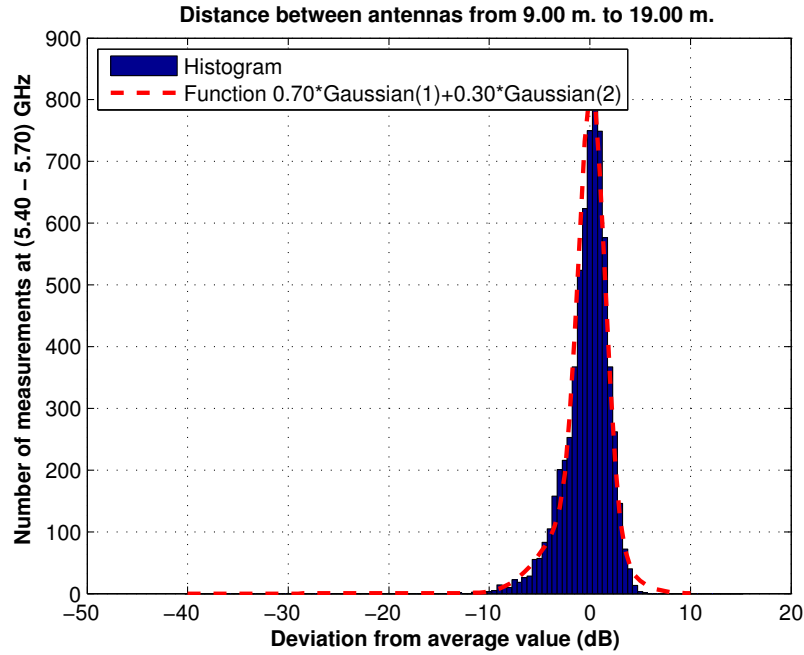


Figura 5.230: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

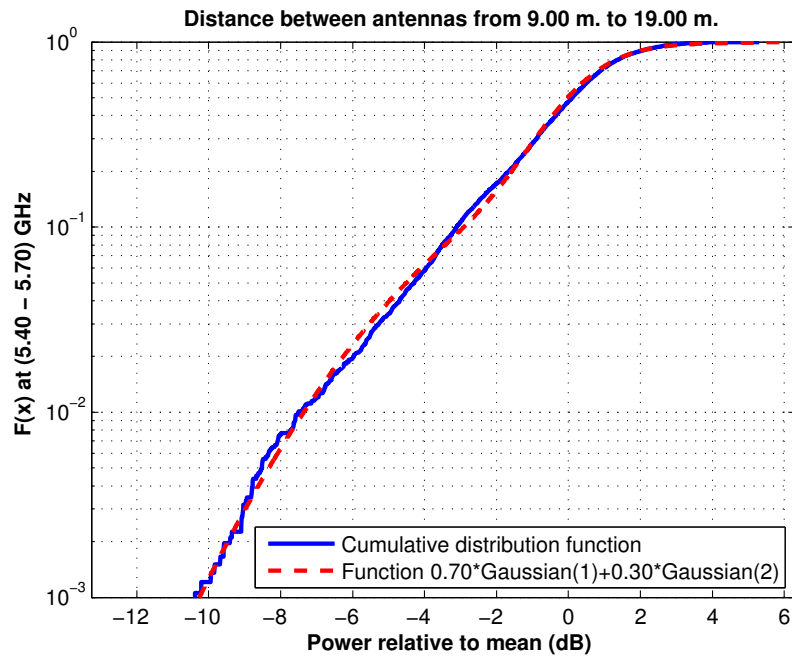


Figura 5.231: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.232 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

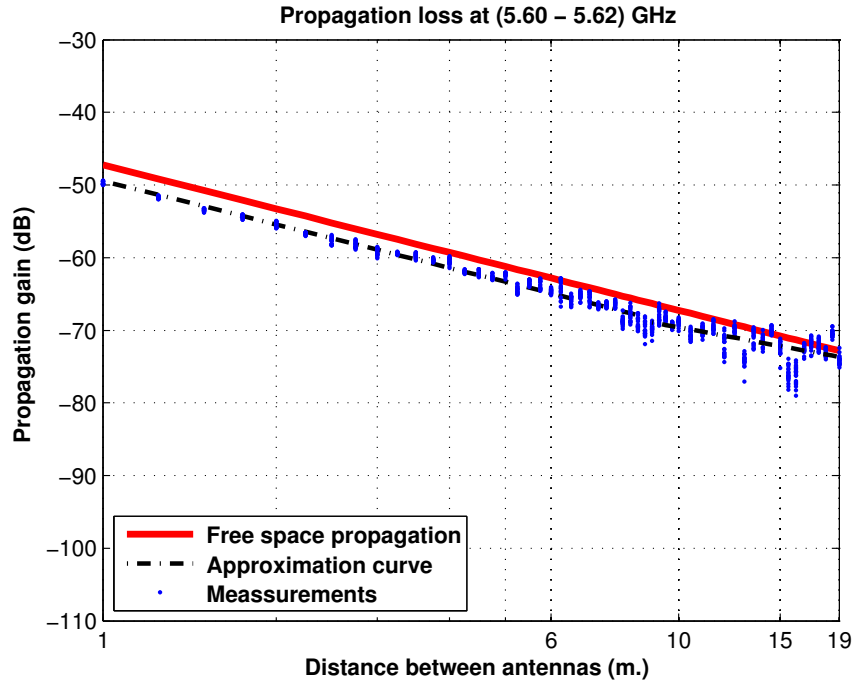


Figura 5.232: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,44 + 19,87 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,92 + 14,64 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.46$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.233 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.70$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-1.50$, $\sigma=0.90$). La Figura 5.234 representa su correspondiente CDF.

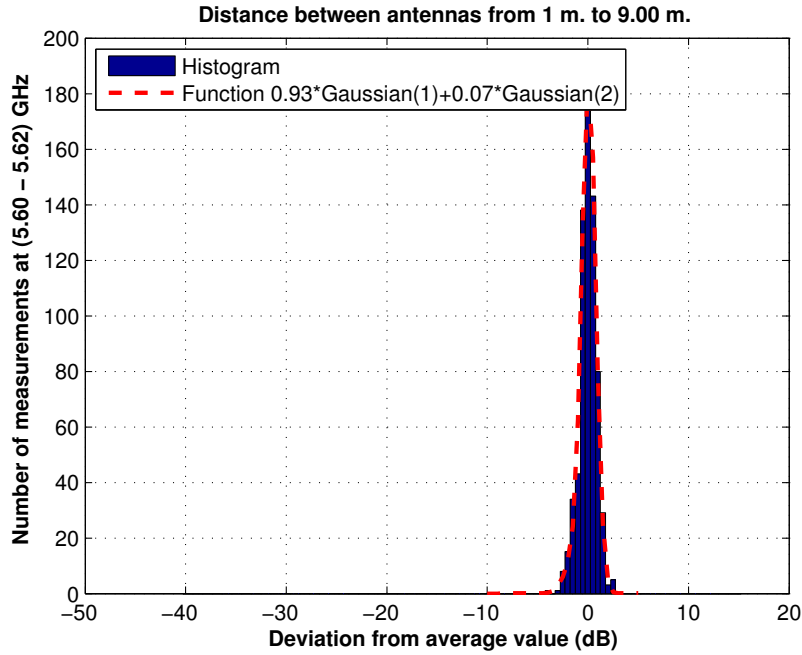


Figura 5.233: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

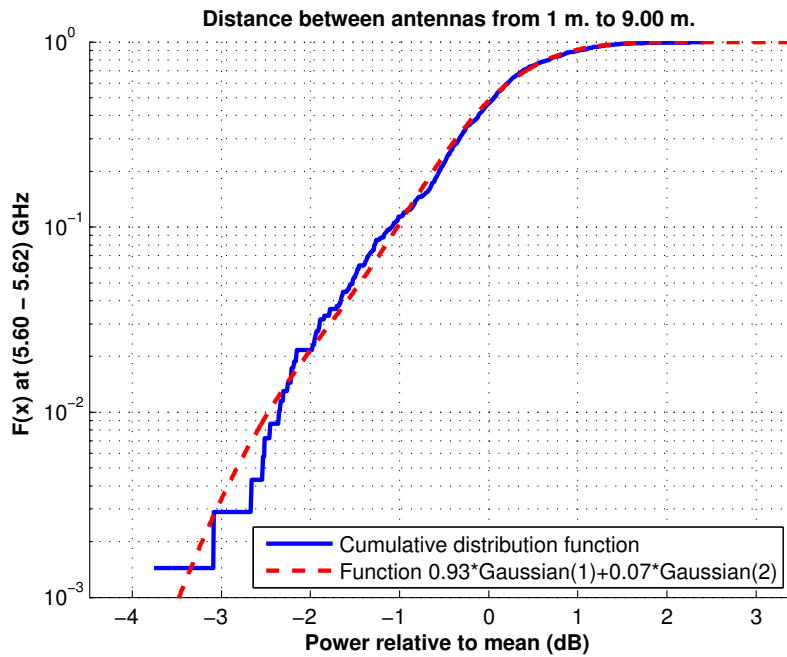


Figura 5.234: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.235 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=2.00$). La Figura 5.236 representa su correspondiente CDF.

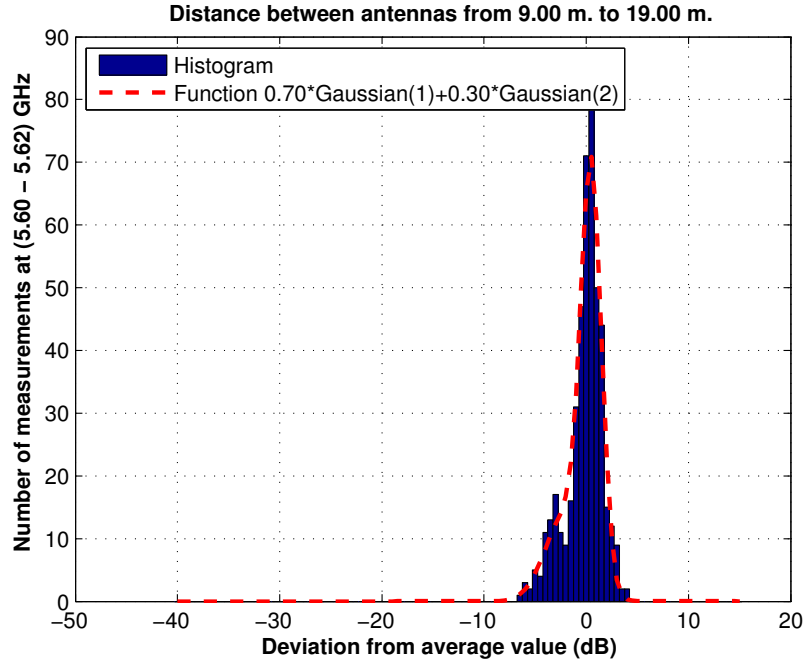


Figura 5.235: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

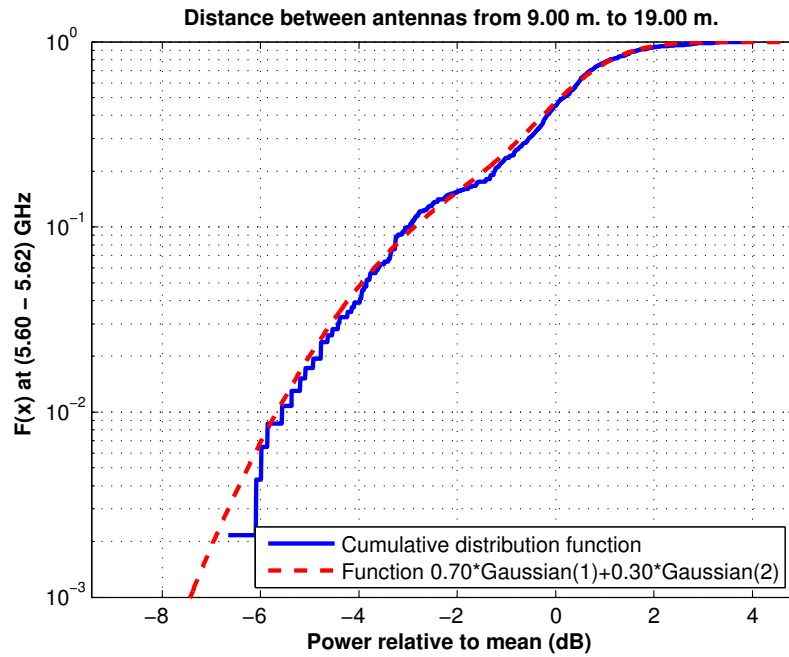


Figura 5.236: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.237 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

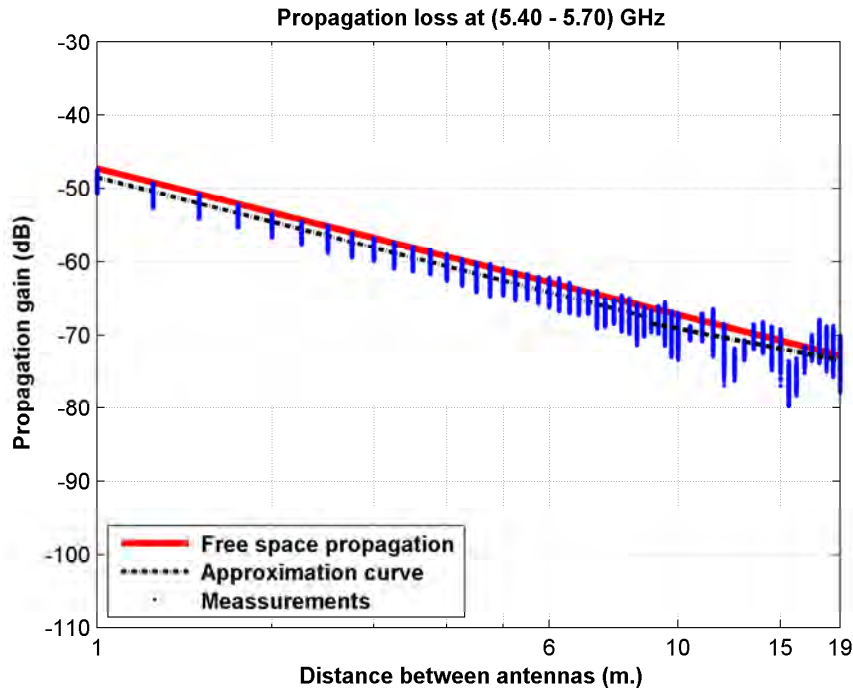


Figura 5.237: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,90 + 20,27 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,01 + 15,94 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.03$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.59$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.238 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (77 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.55$) y otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-0.60$, $\sigma=0.85$). La Figura 5.239 representa su correspondiente CDF.

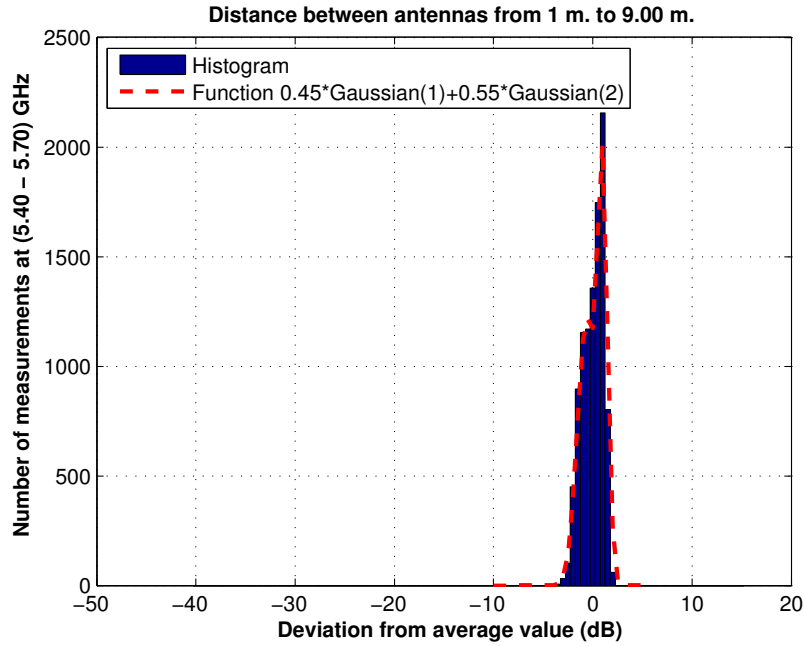


Figura 5.238: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

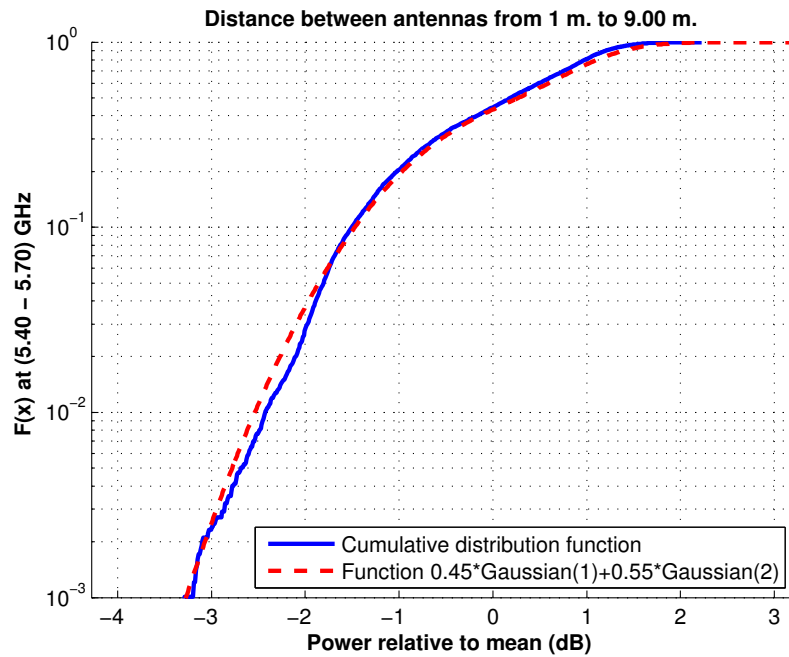


Figura 5.239: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.240 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.80$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=2.20$). La Figura 5.241 representa su correspondiente CDF.

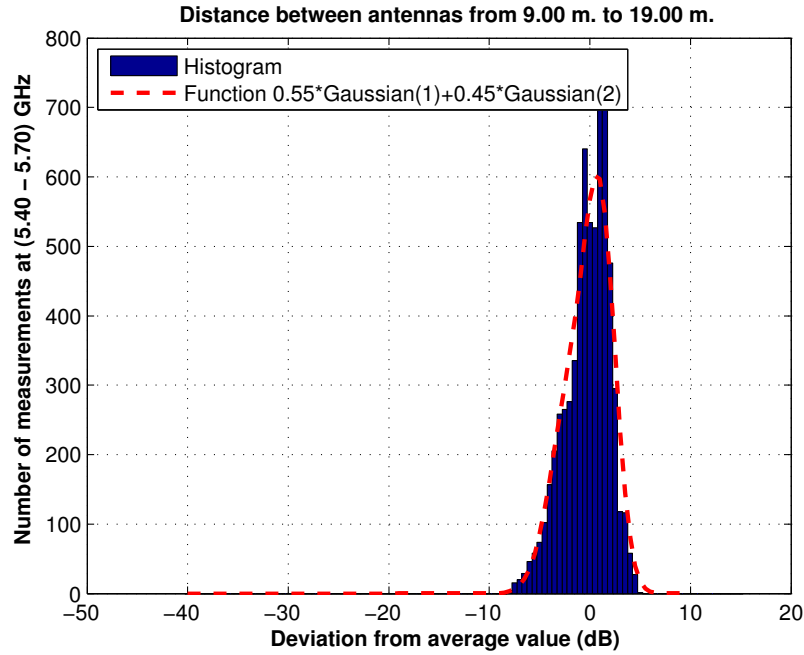


Figura 5.240: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

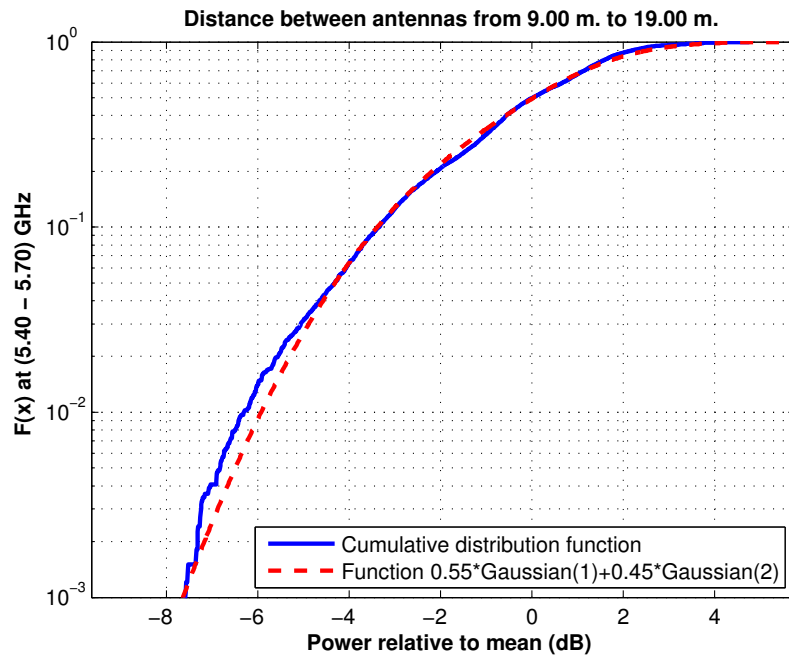


Figura 5.241: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.242 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

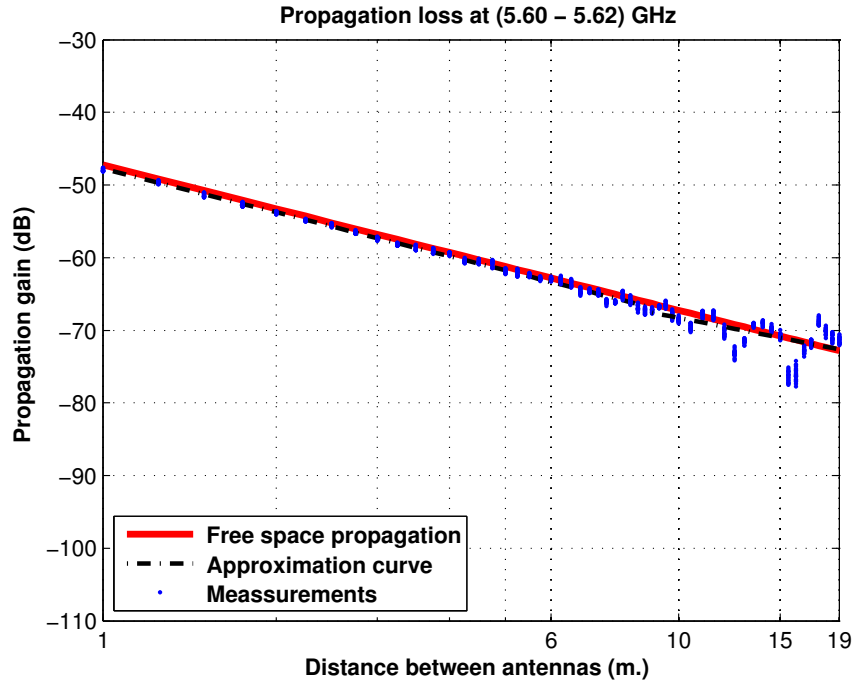


Figura 5.242: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,72 + 20,08 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,58 + 15,60 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.01$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.56$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.243 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.42$). La Figura 5.244 representa su correspondiente CDF.

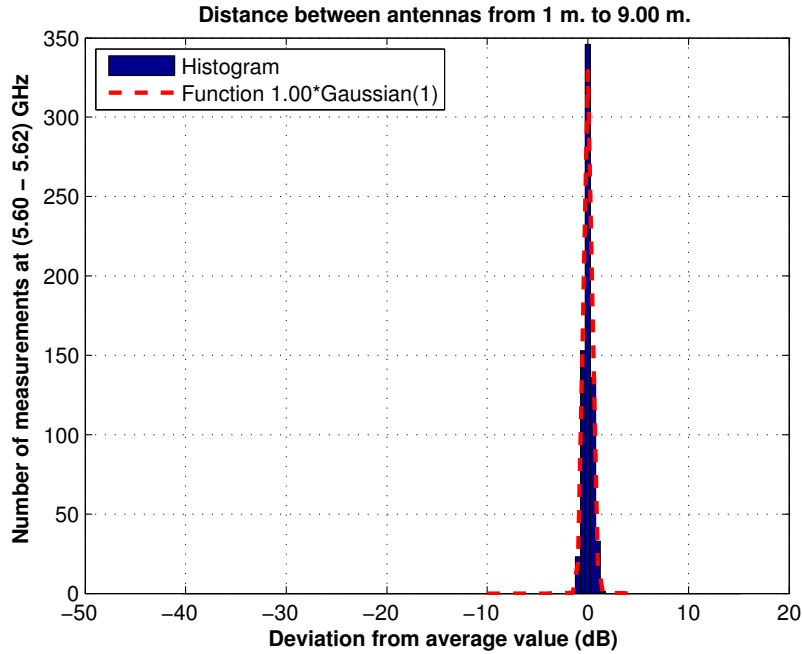


Figura 5.243: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

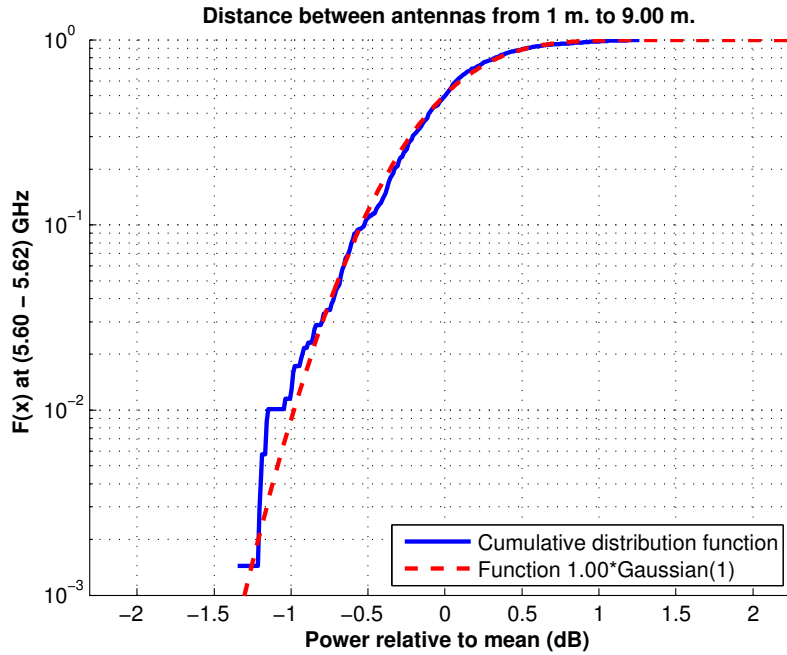


Figura 5.244: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.245 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (78 %, $\mu=0.70$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (22 %, $\mu=-3.50$, $\sigma=1.80$). La Figura 5.246 representa su correspondiente CDF.

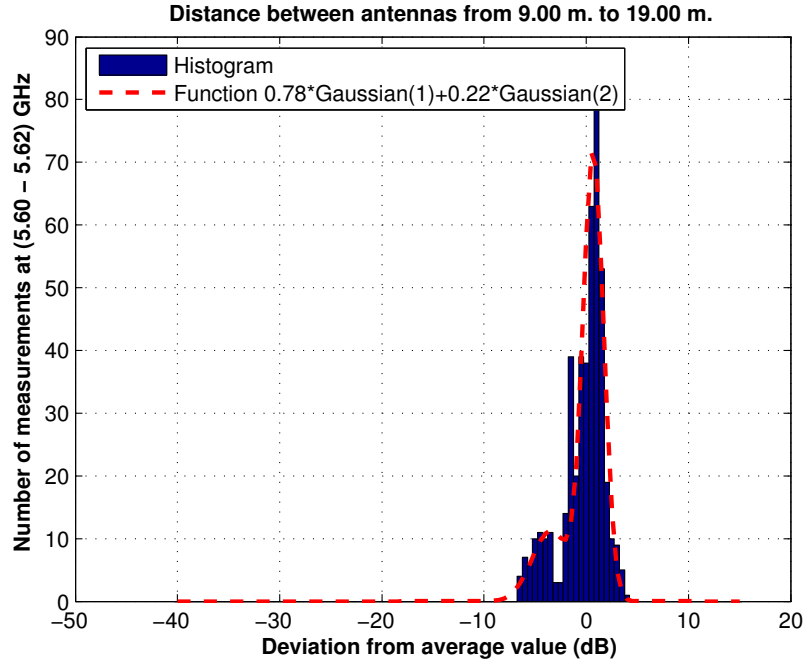


Figura 5.245: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

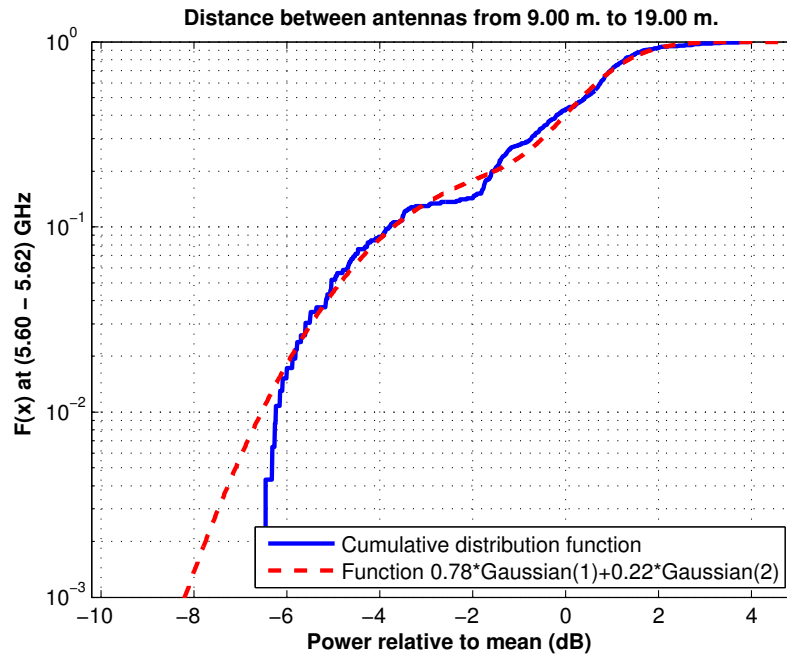


Figura 5.246: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.247 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

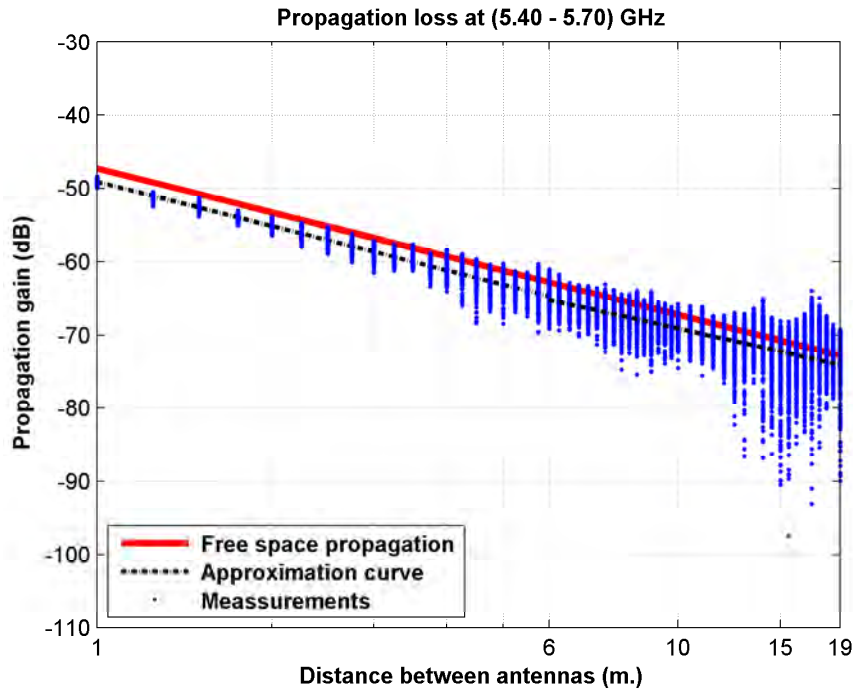


Figura 5.247: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,07 + 20,11 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,19 + 17,72 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.01$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.77$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.248 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.12$, $\sigma=0.75$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.75$). La Figura 5.249 representa su correspondiente CDF.

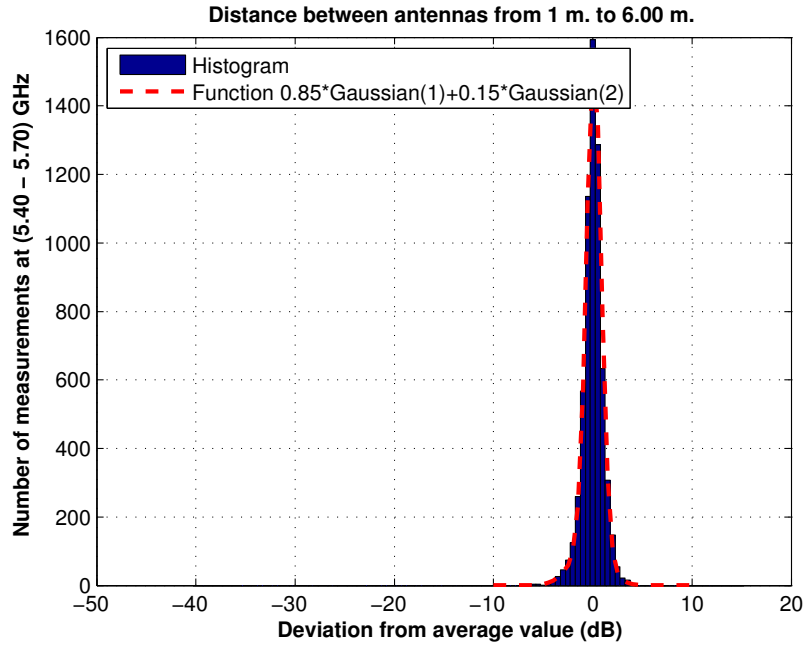


Figura 5.248: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

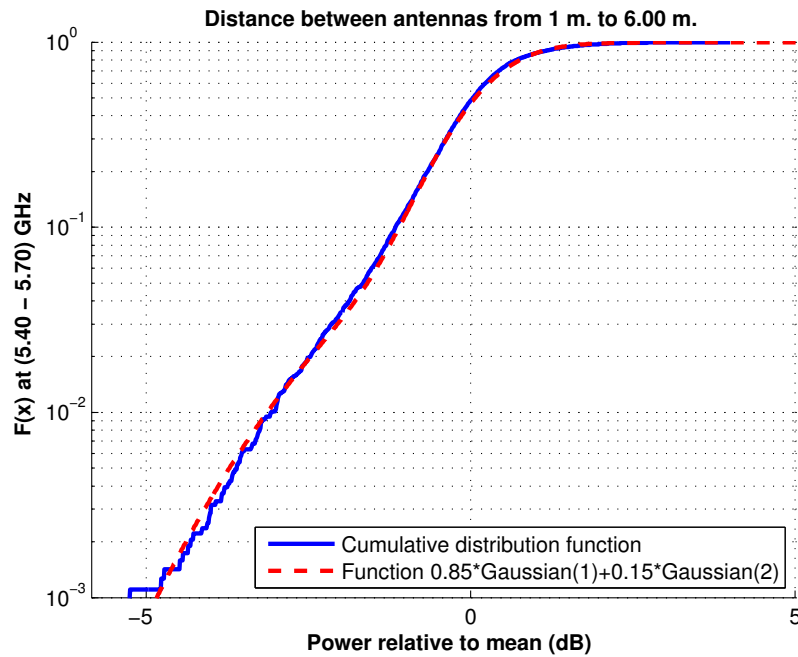


Figura 5.249: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.250 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=0.25$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=3.30$) y una Función Rayleigh (7 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.251 representa su correspondiente CDF.

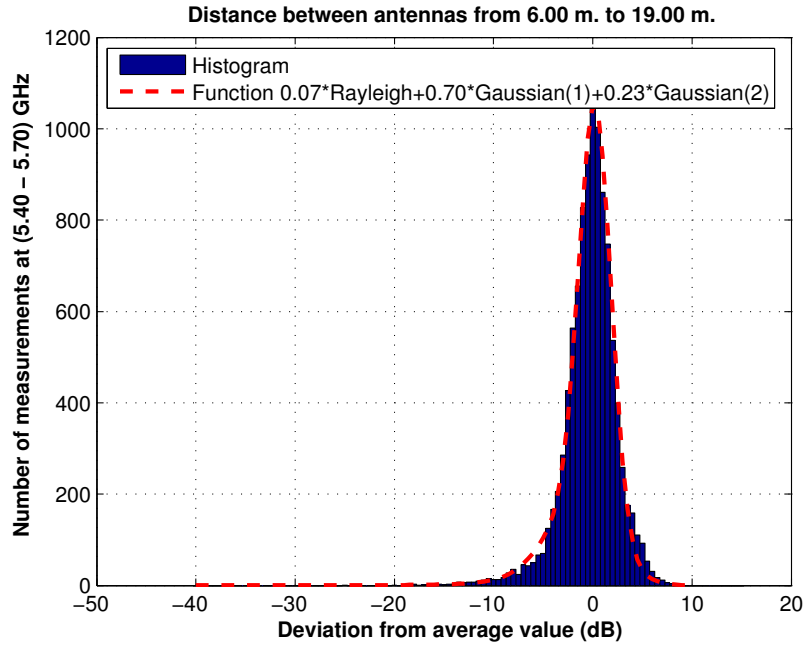


Figura 5.250: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

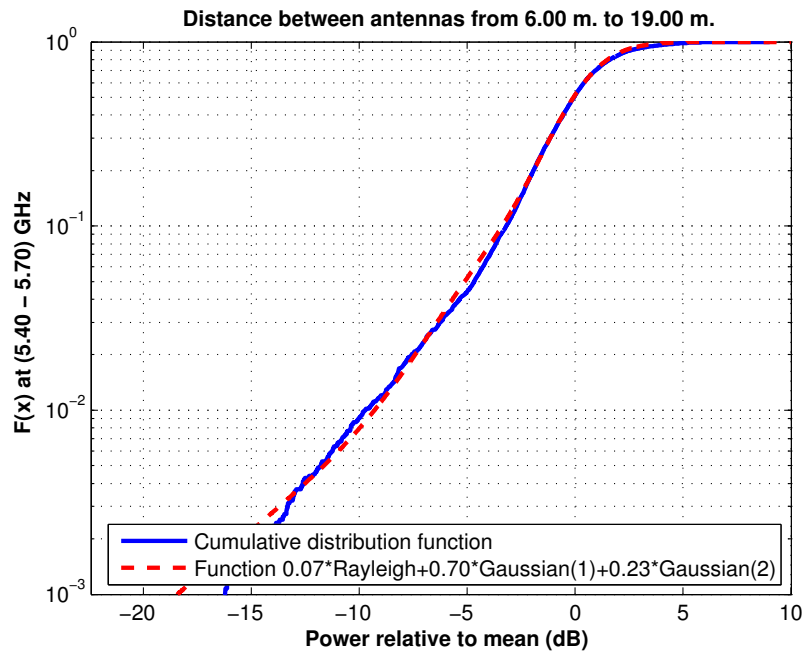


Figura 5.251: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.252 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

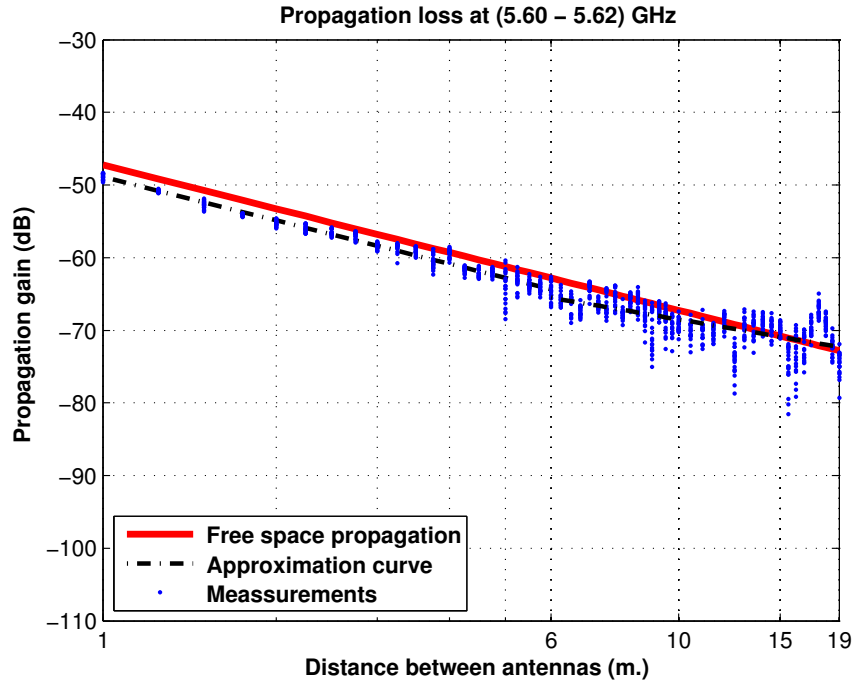


Figura 5.252: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,88 + 19,90 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,50 + 13,57 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.36$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.253 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (89 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.70$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.75$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=0.70$). La Figura 5.254 representa su correspondiente CDF.

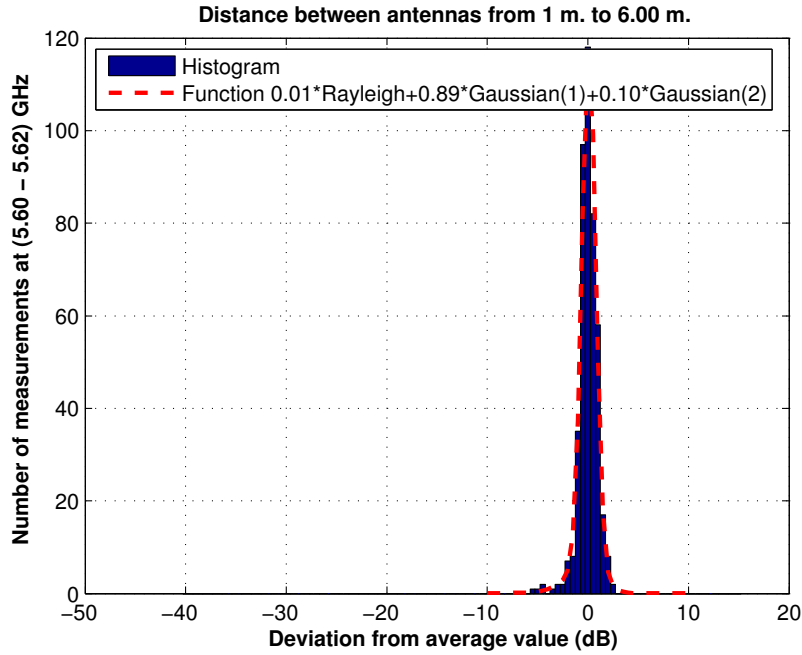


Figura 5.253: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

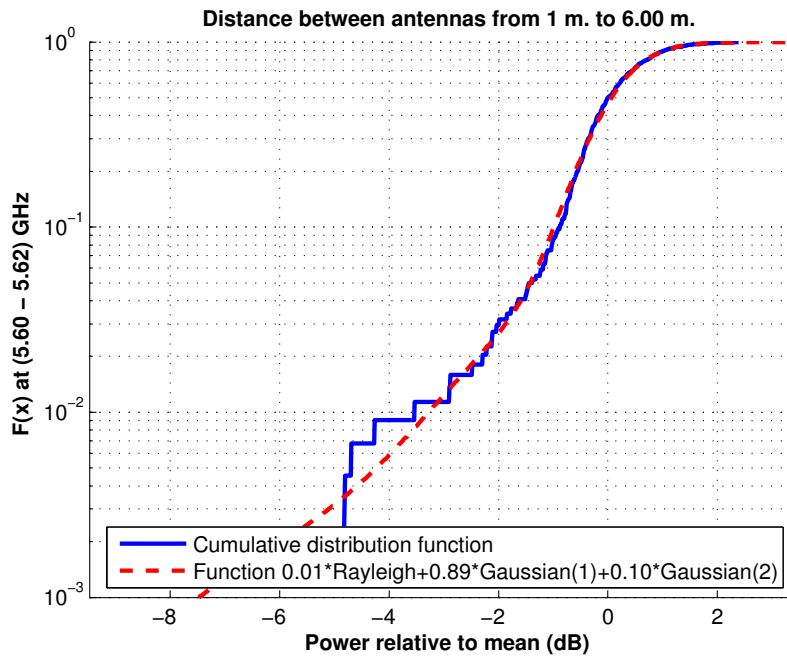


Figura 5.254: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.255 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=0.25$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (24 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=3.30$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.256 representa su correspondiente CDF.

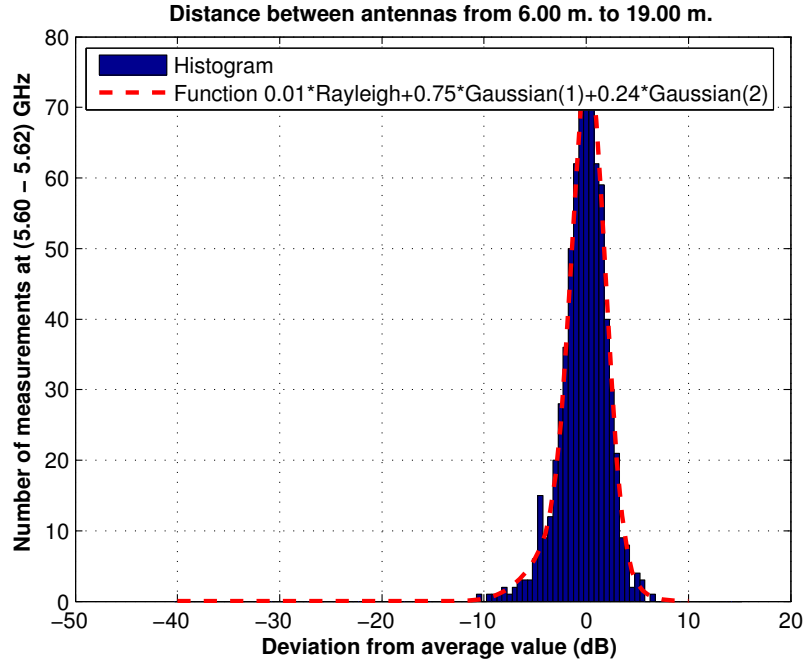


Figura 5.255: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

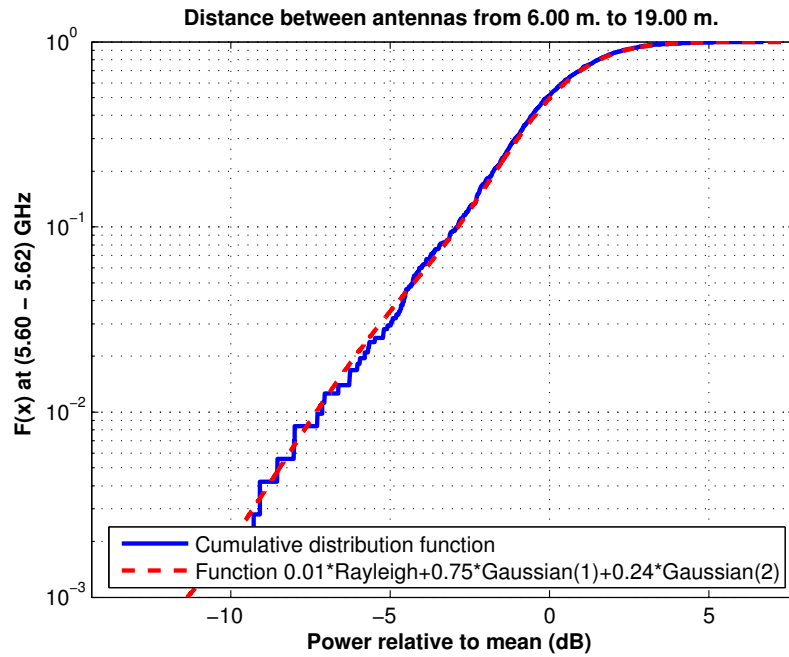


Figura 5.256: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.257 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

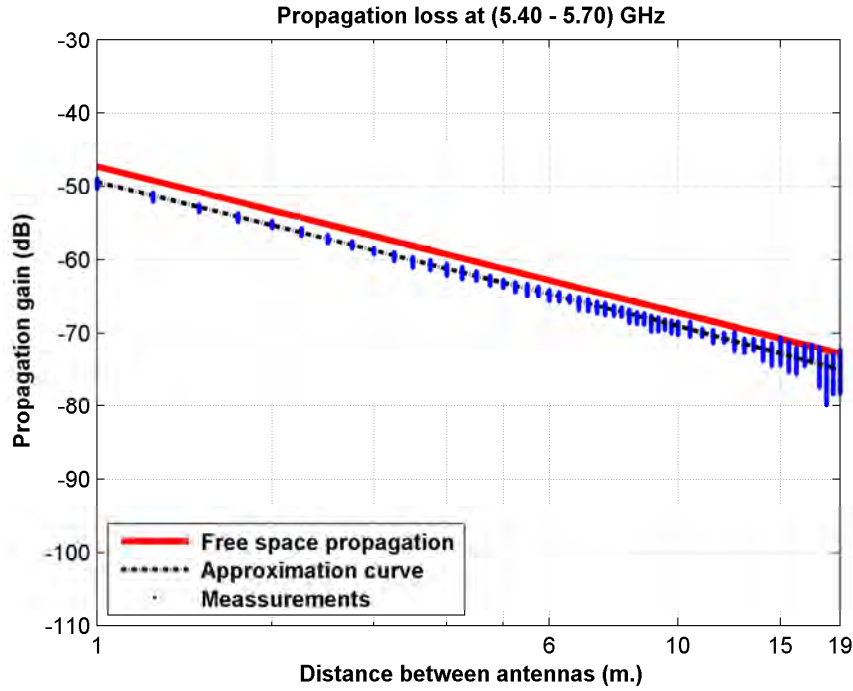


Figura 5.257: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,35 + 19,72 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,09 + 21,40 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.14$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.258 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.55$). La Figura 5.259 representa su correspondiente CDF.

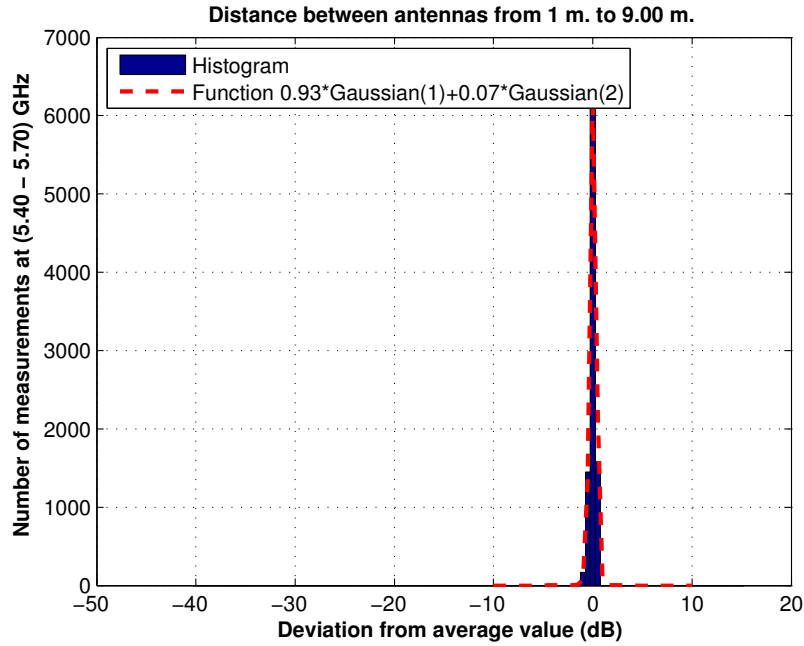


Figura 5.258: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

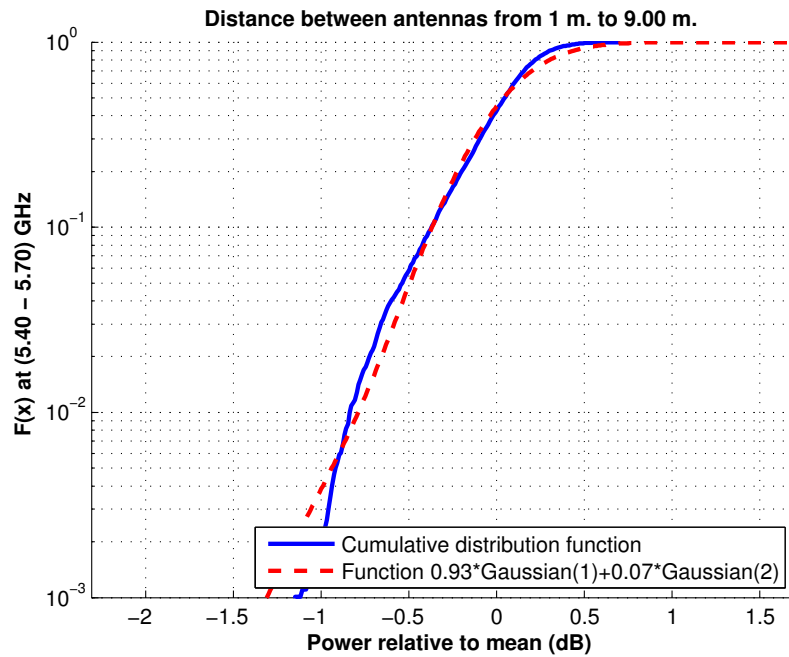


Figura 5.259: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.260 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (87 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (13 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=1.25$). La Figura 5.261 representa su correspondiente CDF.

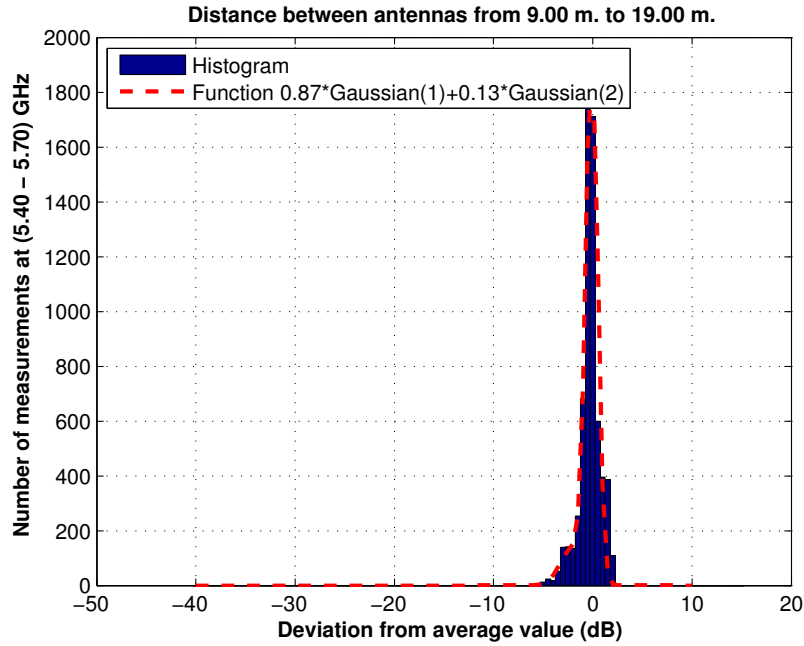


Figura 5.260: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

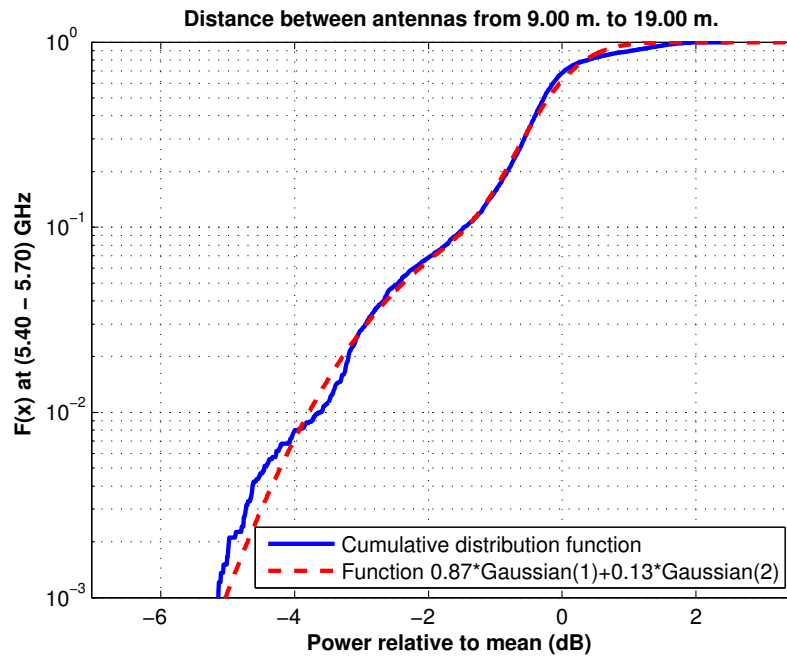


Figura 5.261: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.262 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

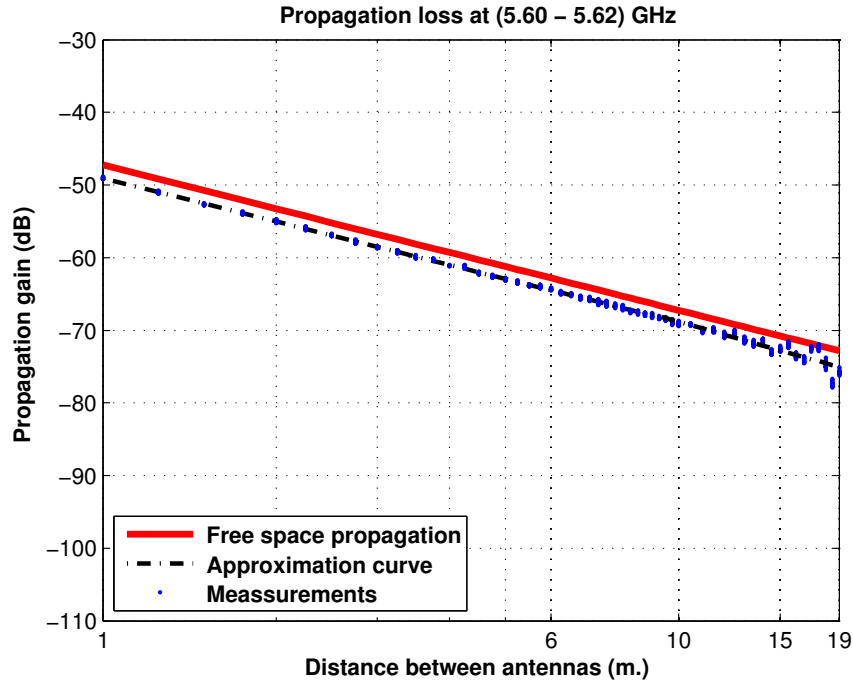


Figura 5.262: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,09 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,83 + 22,26 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.23$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.263 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.15$, $\sigma=0.12$) y otra Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.20$). La Figura 5.264 representa su correspondiente CDF.

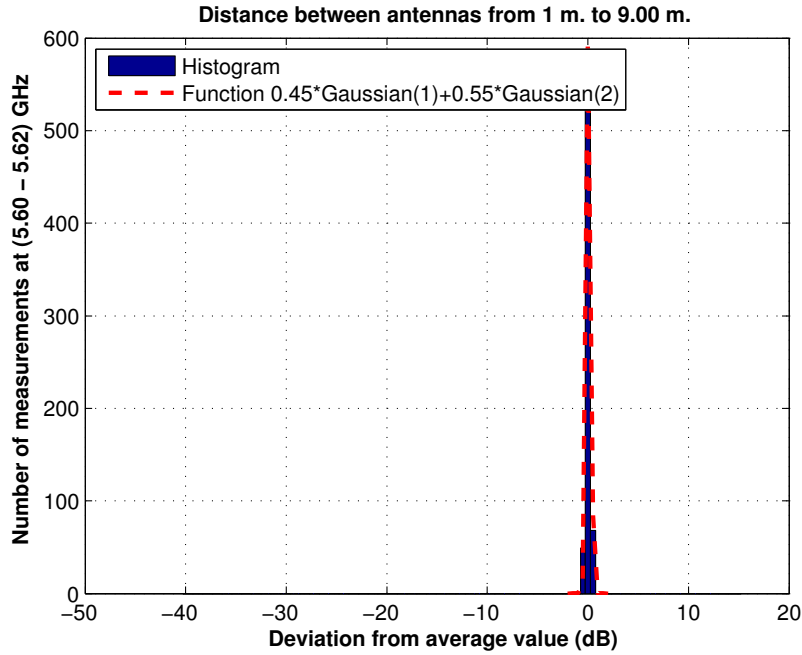


Figura 5.263: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

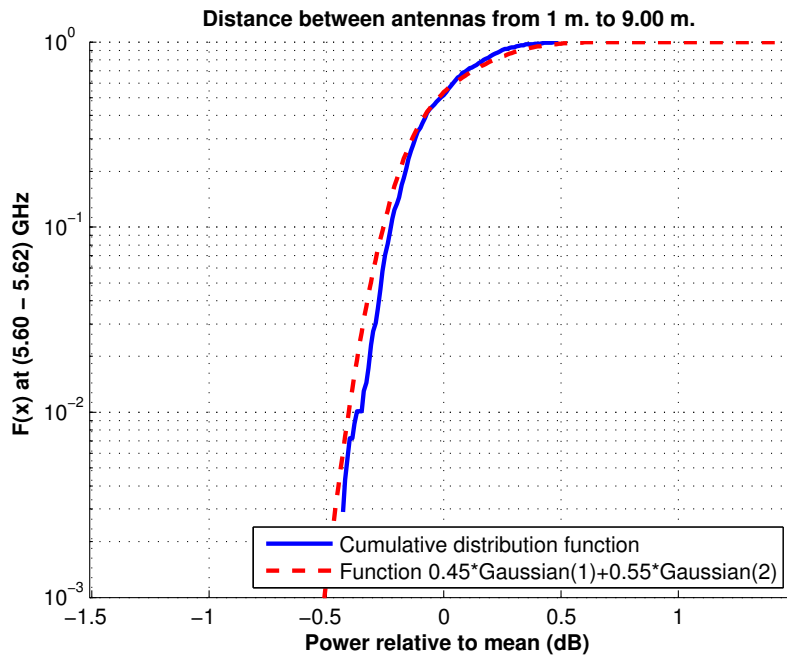


Figura 5.264: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.265 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=-0.30$, $\sigma=0.55$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-2.75$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.266 representa su correspondiente CDF.

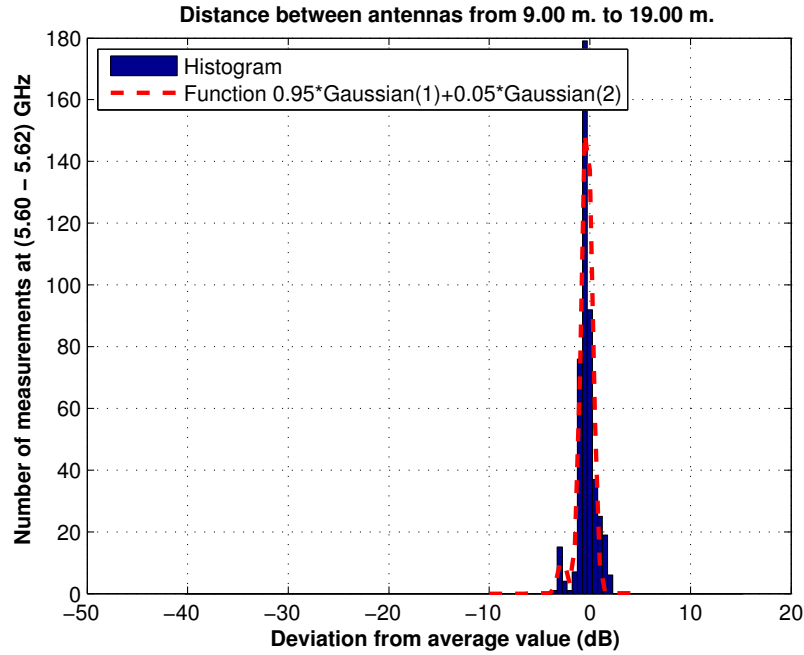


Figura 5.265: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

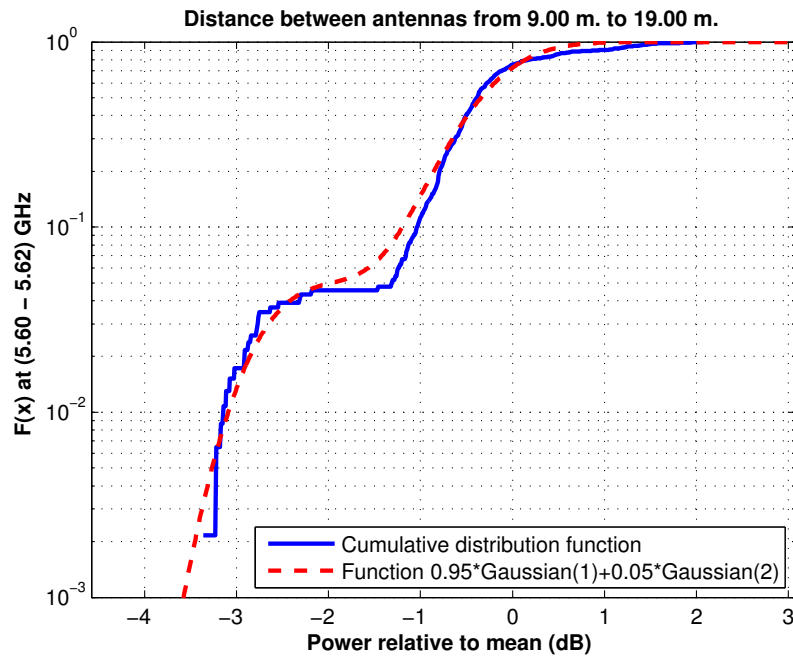


Figura 5.266: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.267 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

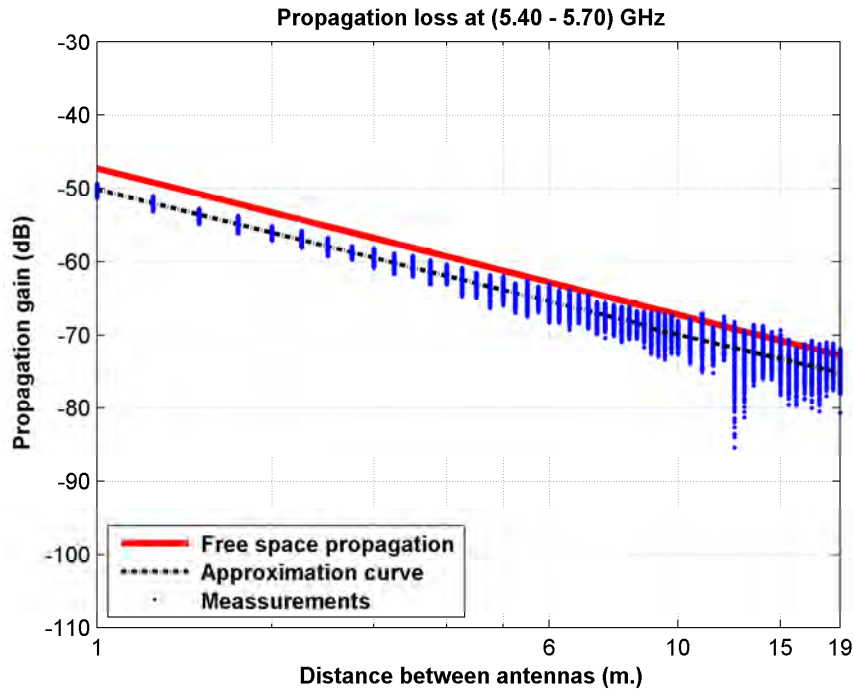


Figura 5.267: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,09 + 19,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,11 + 18,73 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.87$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.268 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.07$, $\sigma=0.72$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.20$, $\sigma=1.30$). La Figura 5.269 representa su correspondiente CDF.

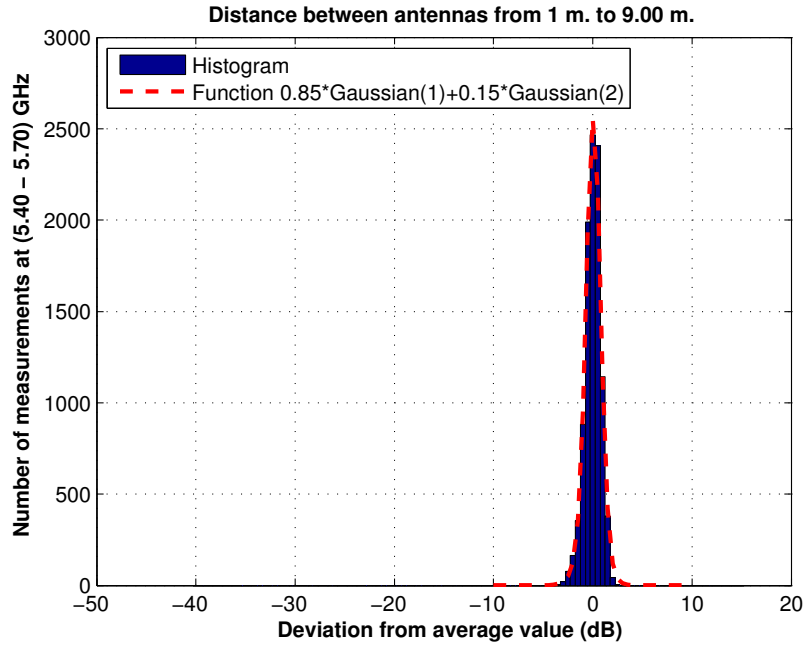


Figura 5.268: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

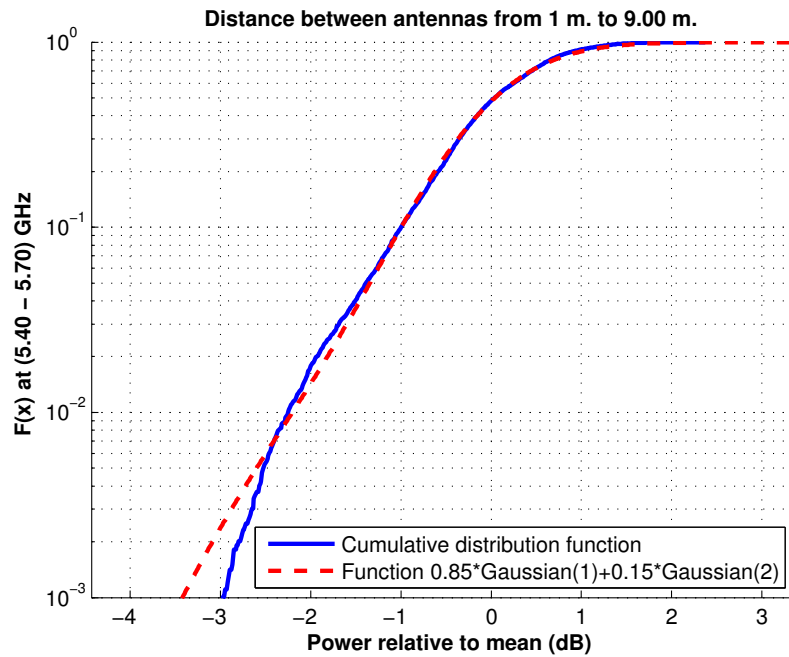


Figura 5.269: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.270 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.30$), otra Función Gaussiana (29 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.271 representa su correspondiente CDF.

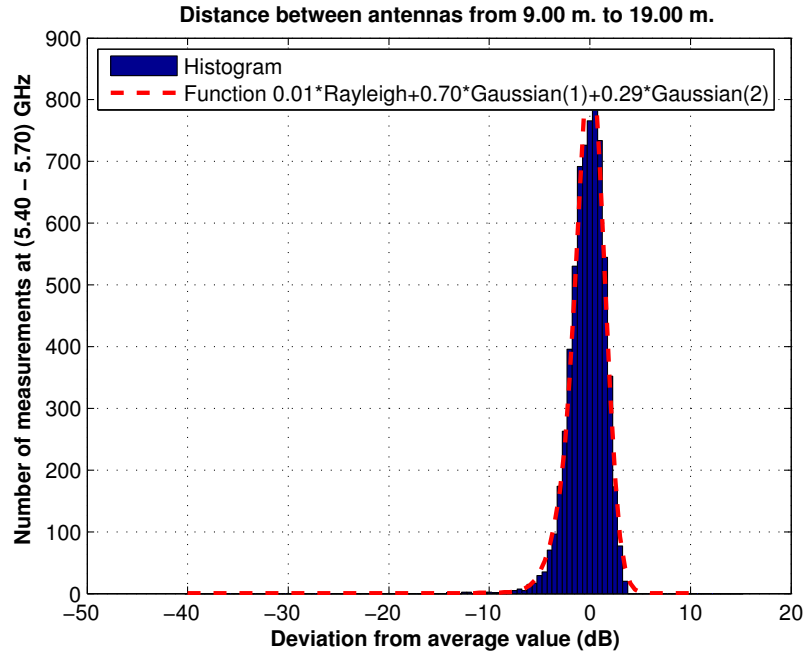


Figura 5.270: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

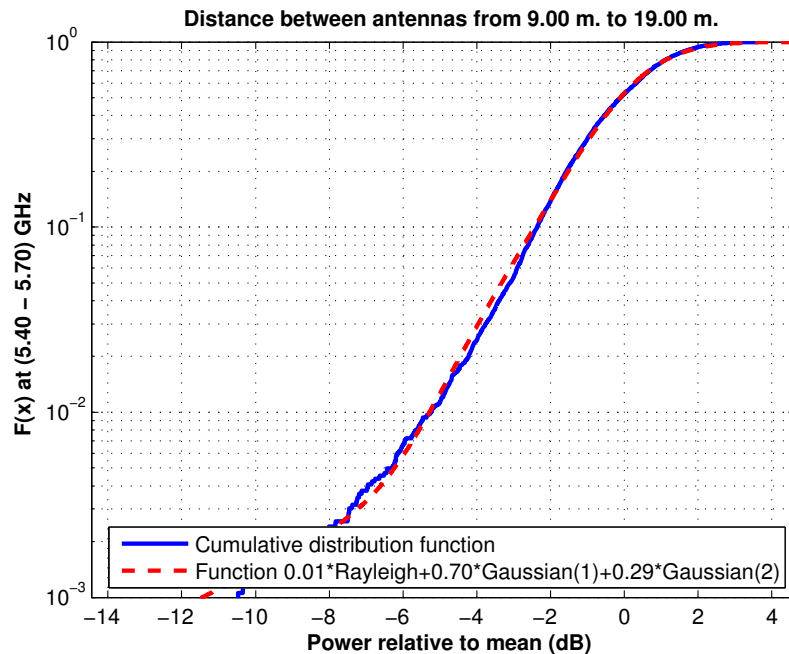


Figura 5.271: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.272 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

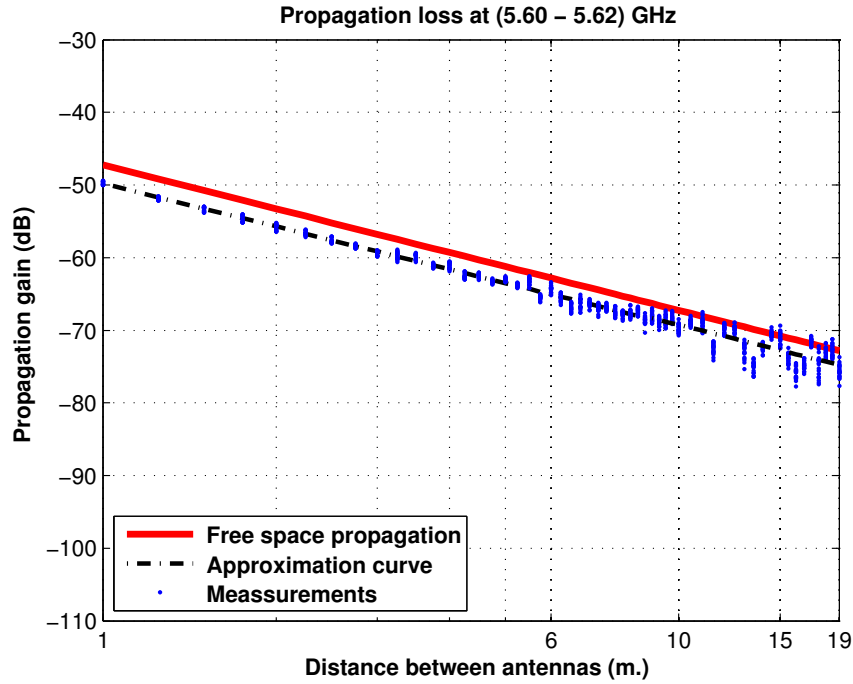


Figura 5.272: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,81 + 19,60 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,34 + 19,86 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.96$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.99$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.273 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.01$, $\sigma=0.50$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.274 representa su correspondiente CDF.

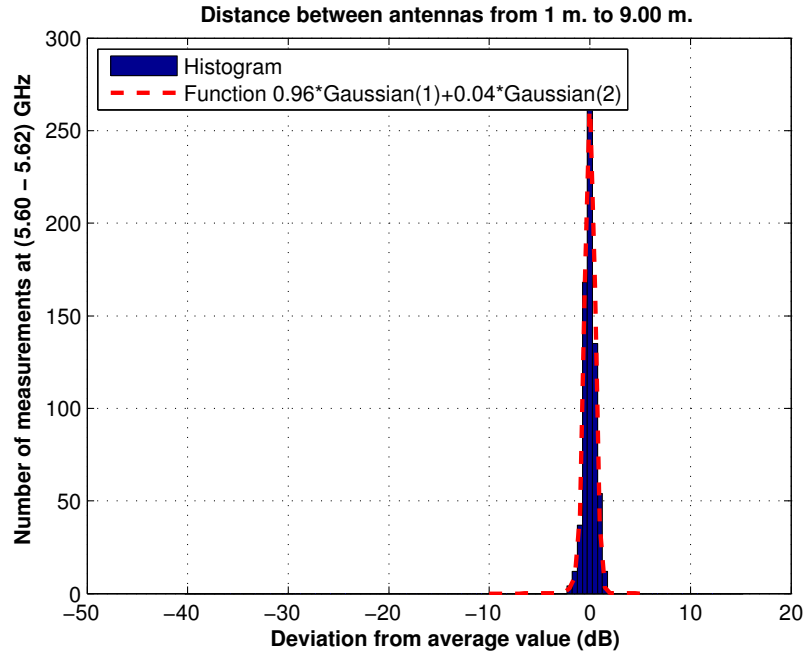


Figura 5.273: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

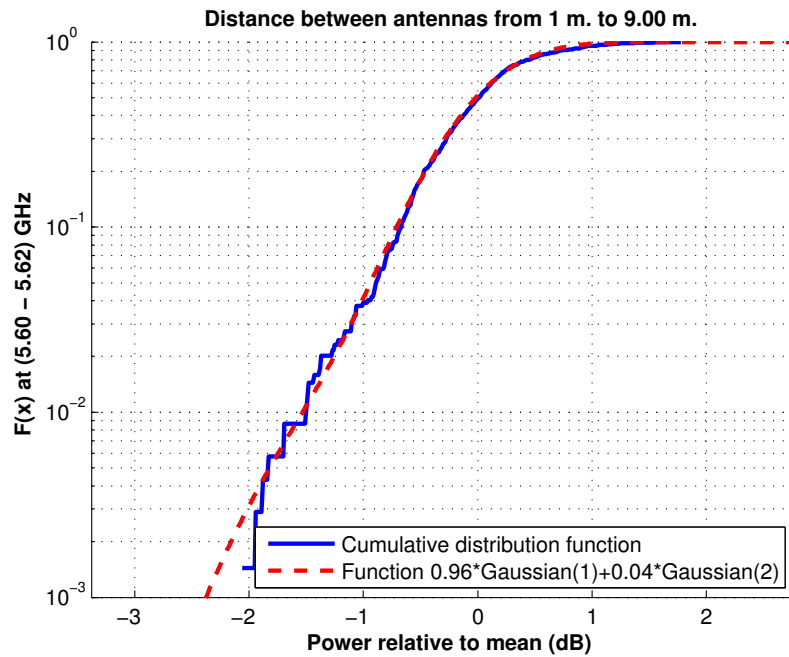


Figura 5.274: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.275 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=1.20$). La Figura 5.276 representa su correspondiente CDF.

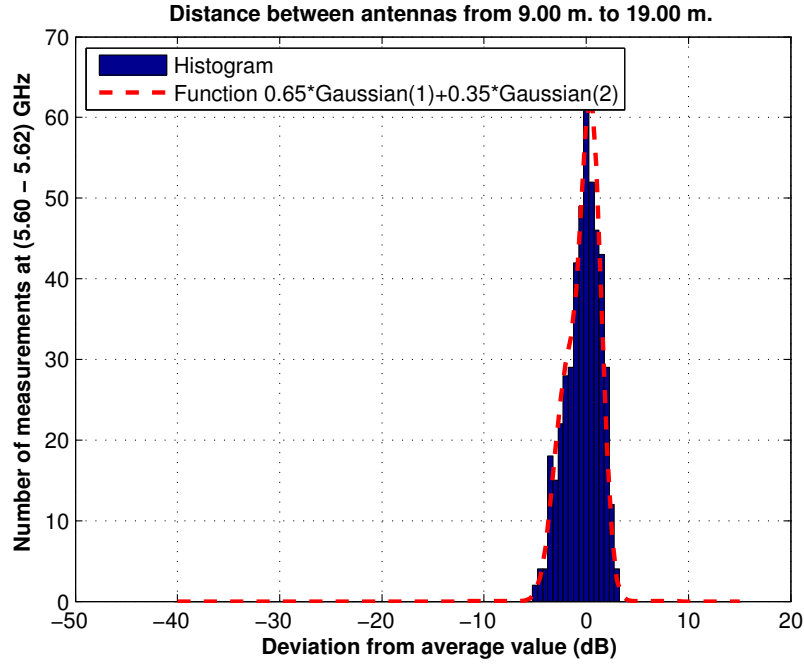


Figura 5.275: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

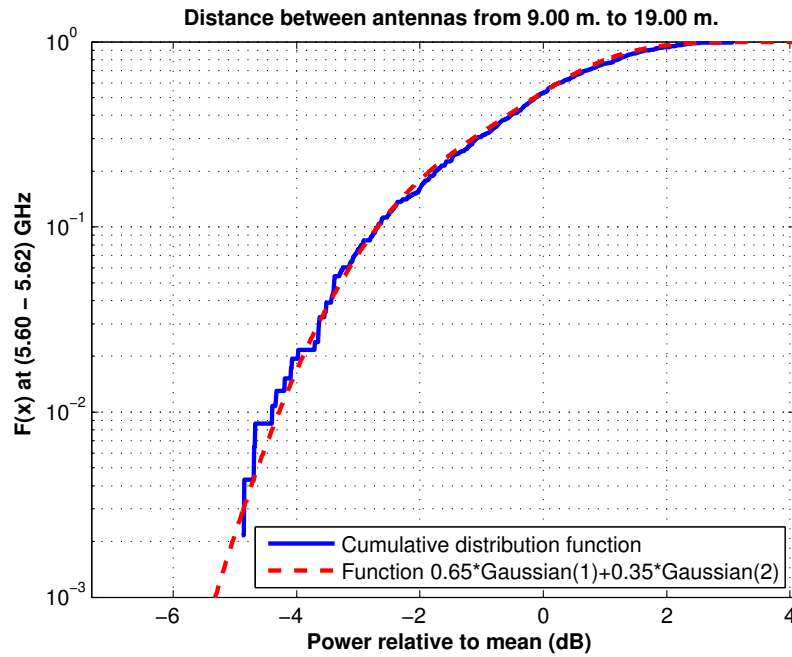


Figura 5.276: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.277 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

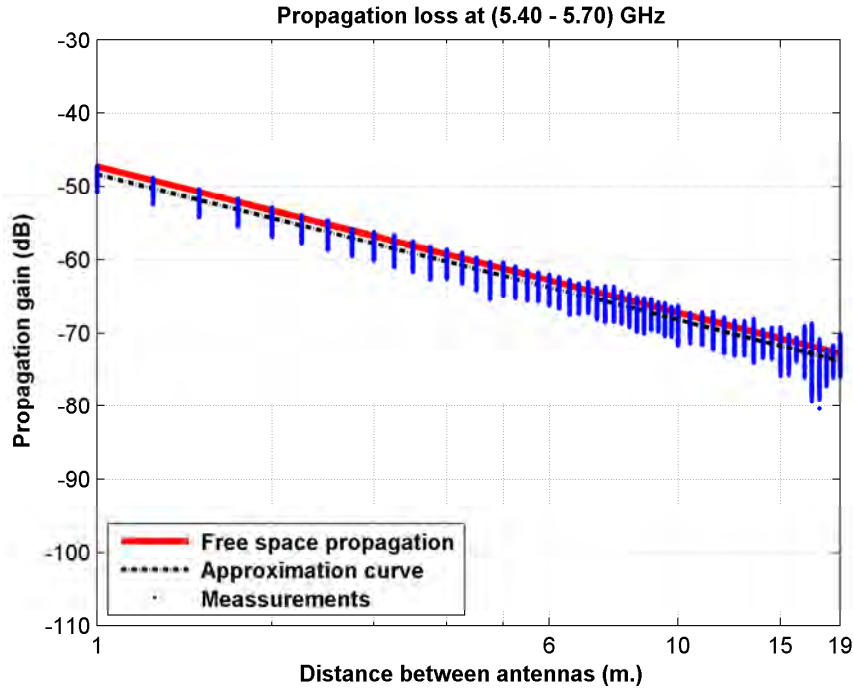


Figura 5.277: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,84 + 19,78 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,67 + 21,11 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.11$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.278 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (77 %, $\mu=0.30$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-0.90$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.279 representa su correspondiente CDF.

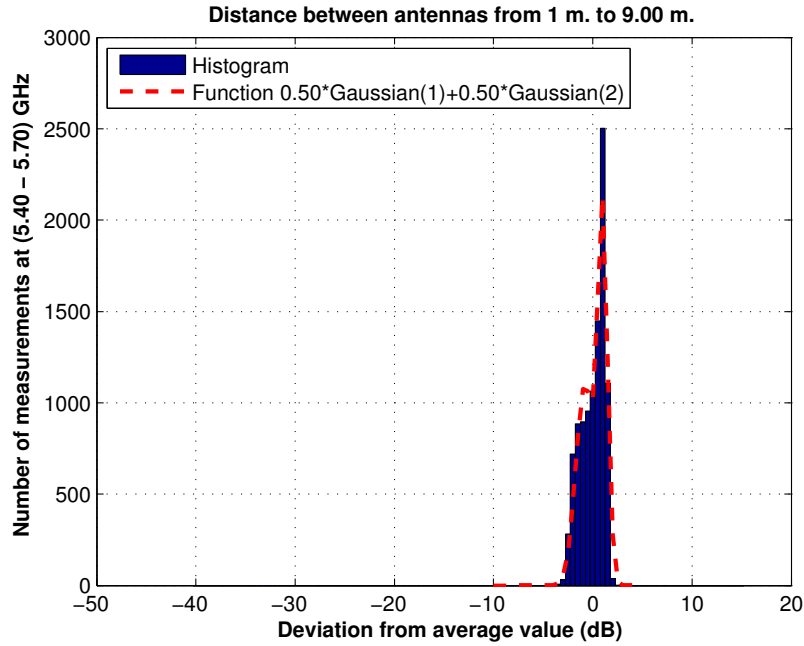


Figura 5.278: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

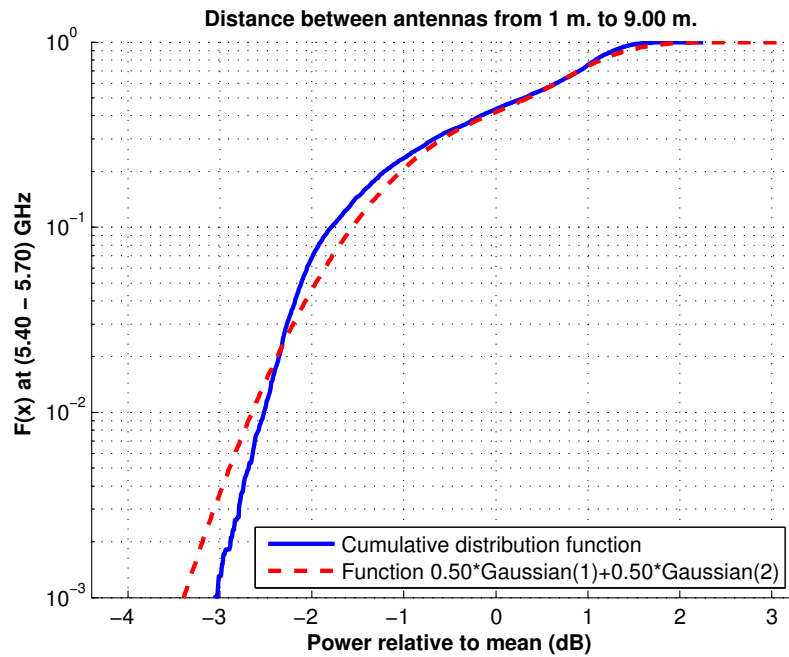


Figura 5.279: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.280 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.67$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.70$). La Figura 5.281 representa su correspondiente CDF.

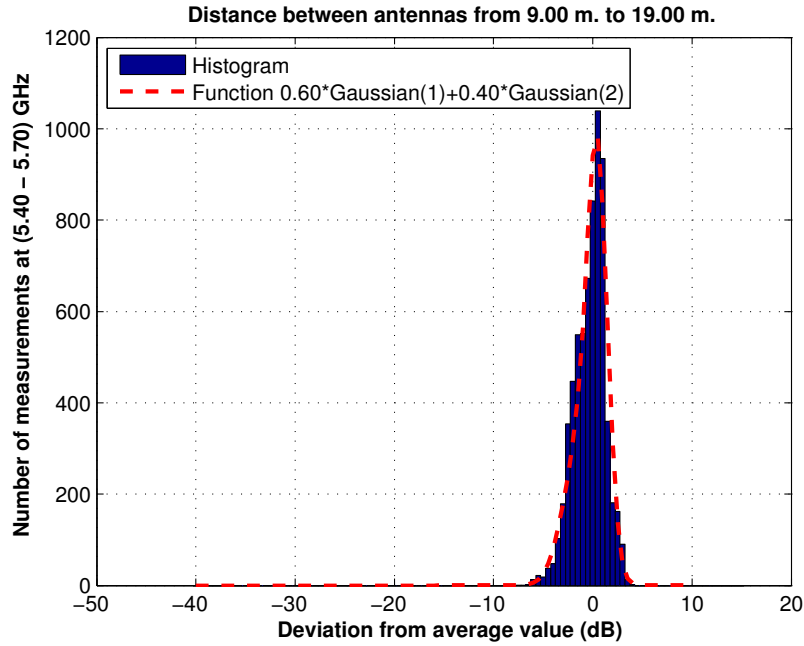


Figura 5.280: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

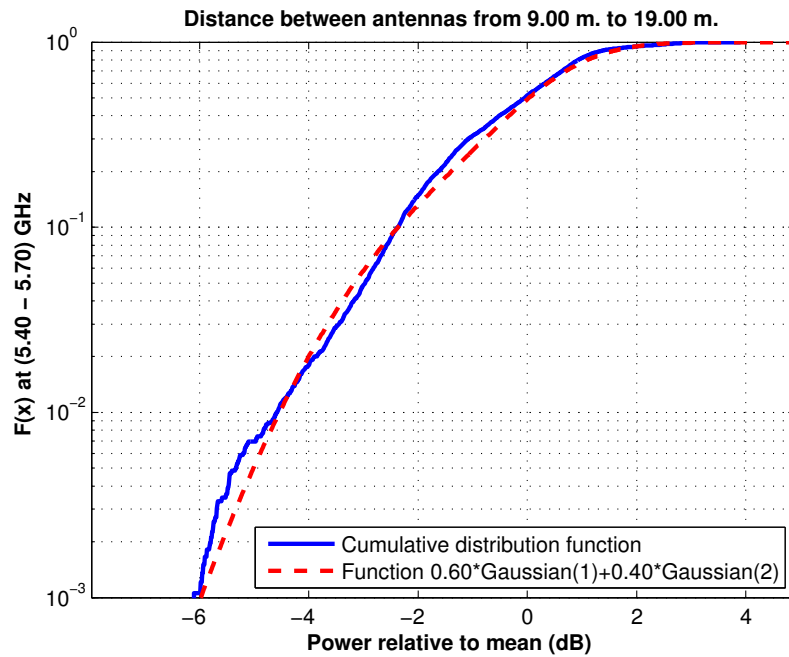


Figura 5.281: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.282 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

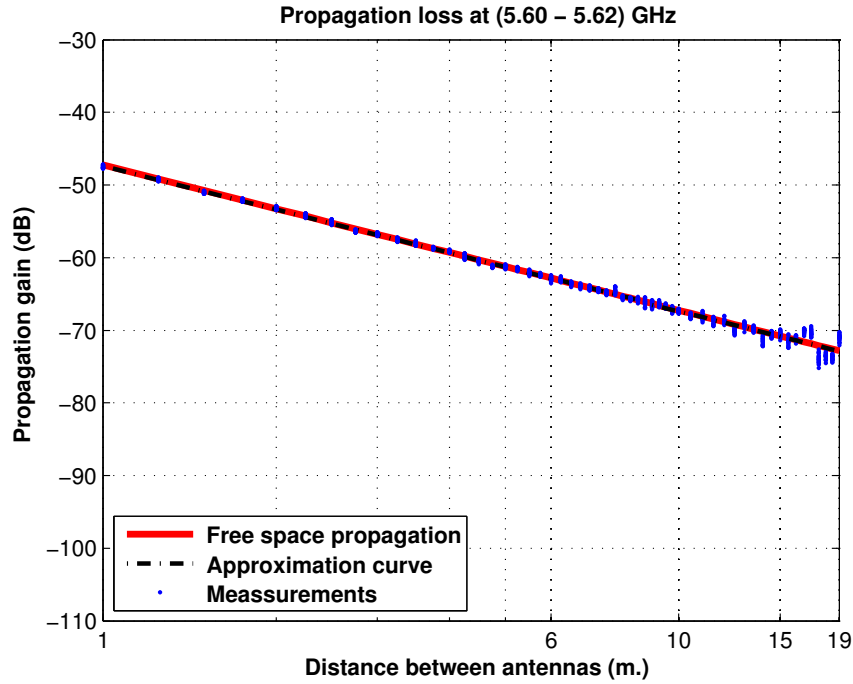


Figura 5.282: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,38 + 19,86 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,49 + 19,61 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.96$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.283 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.12$, $\sigma=0.25$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.12$, $\sigma=0.27$). La Figura 5.284 representa su correspondiente CDF.

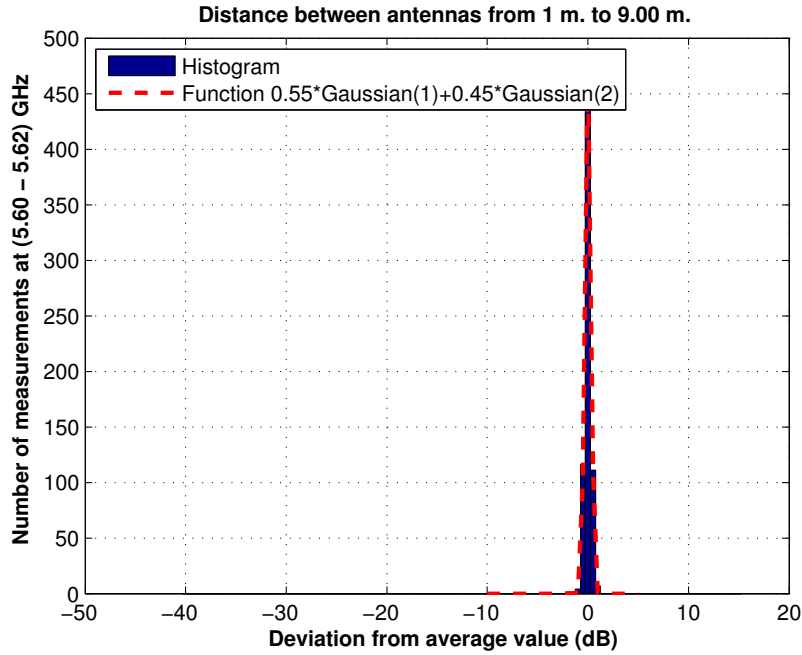


Figura 5.283: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

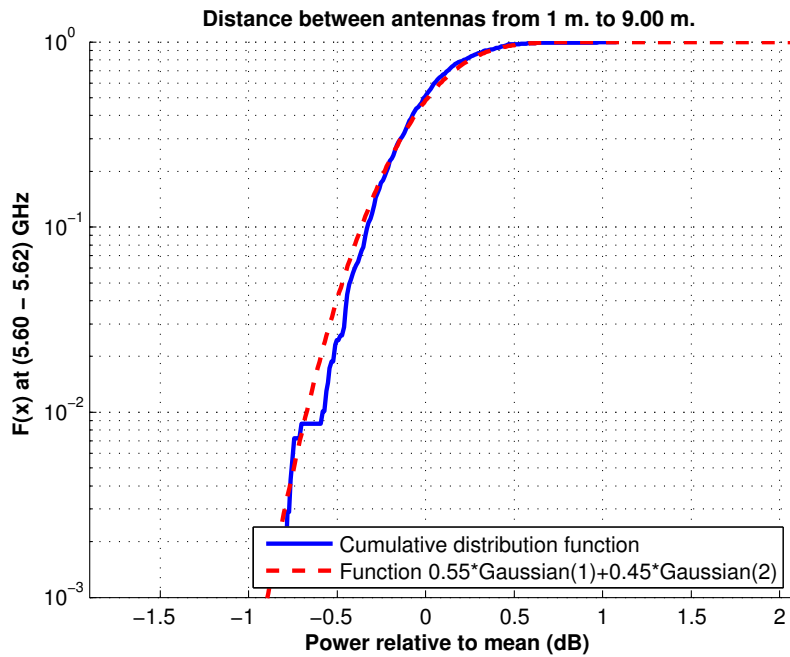


Figura 5.284: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.285 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.50$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.90$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.286 representa su correspondiente CDF.

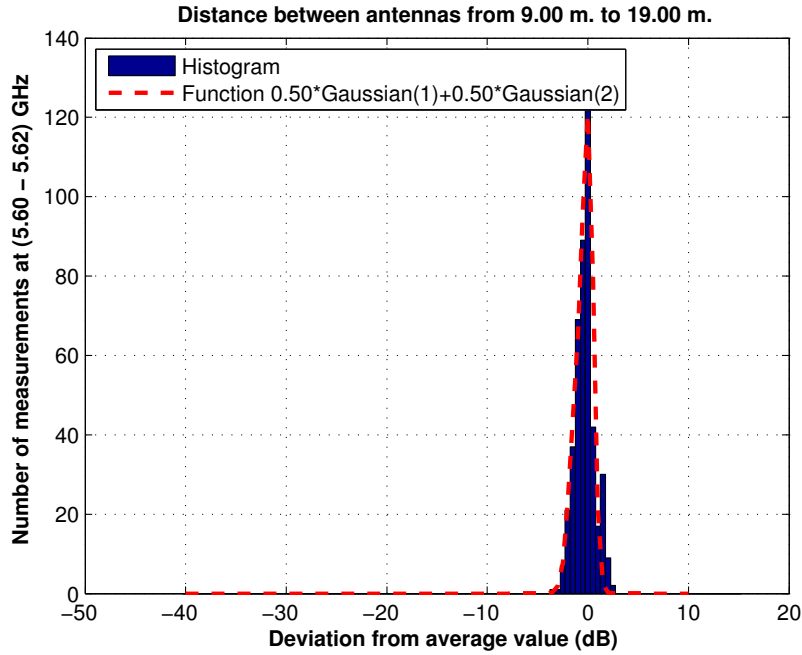


Figura 5.285: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

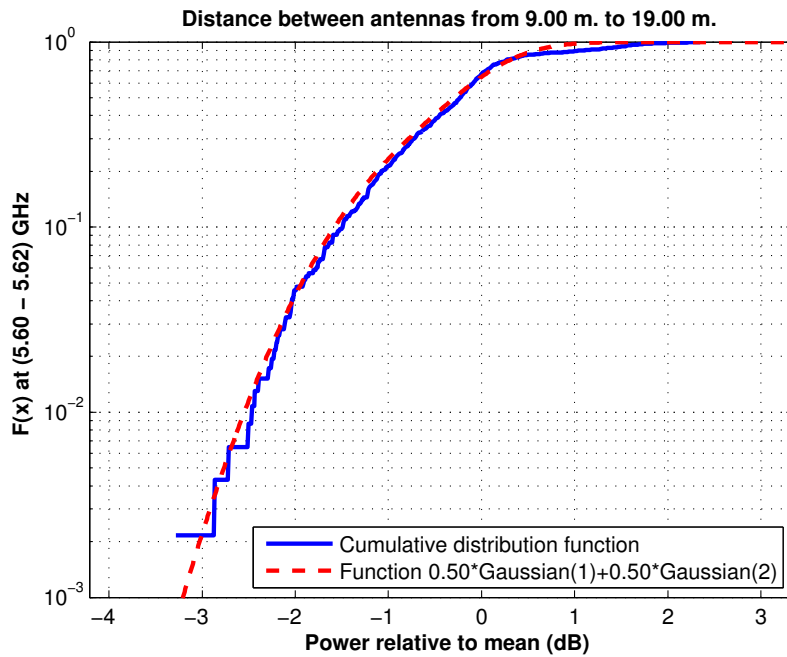


Figura 5.286: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.287 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

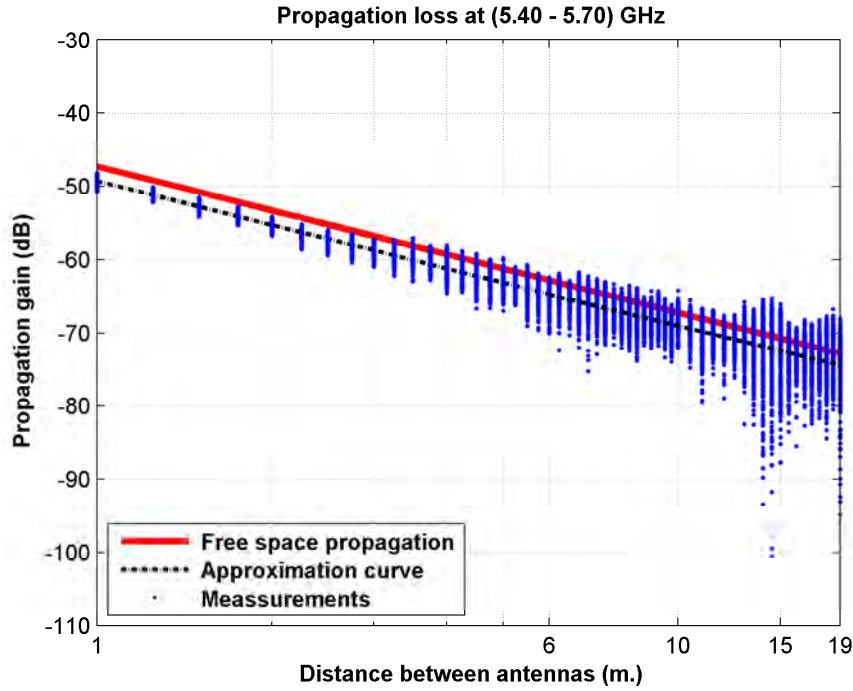


Figura 5.287: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,26 + 19,86 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,78 + 19,21 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.92$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.288 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.85$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.40$, $\sigma=1.40$). La Figura 5.289 representa su correspondiente CDF.

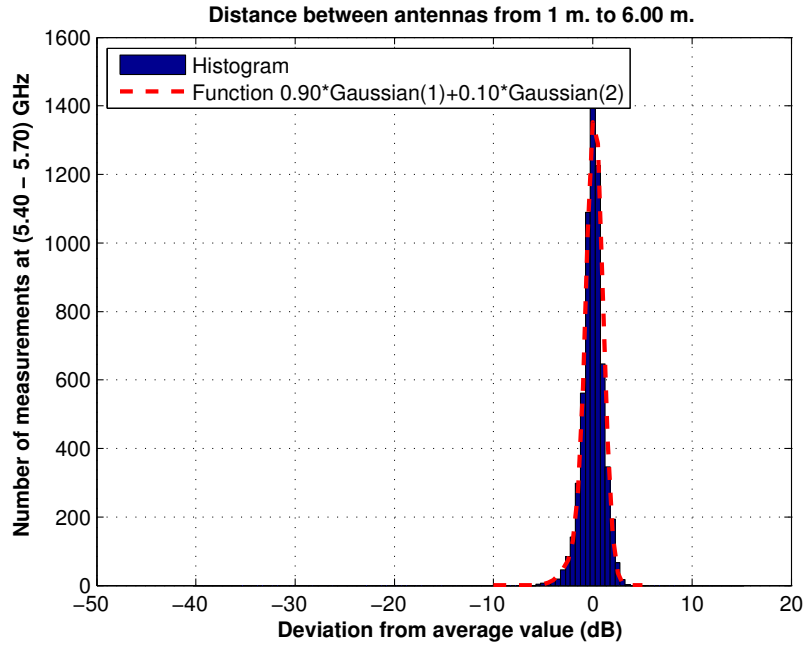


Figura 5.288: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

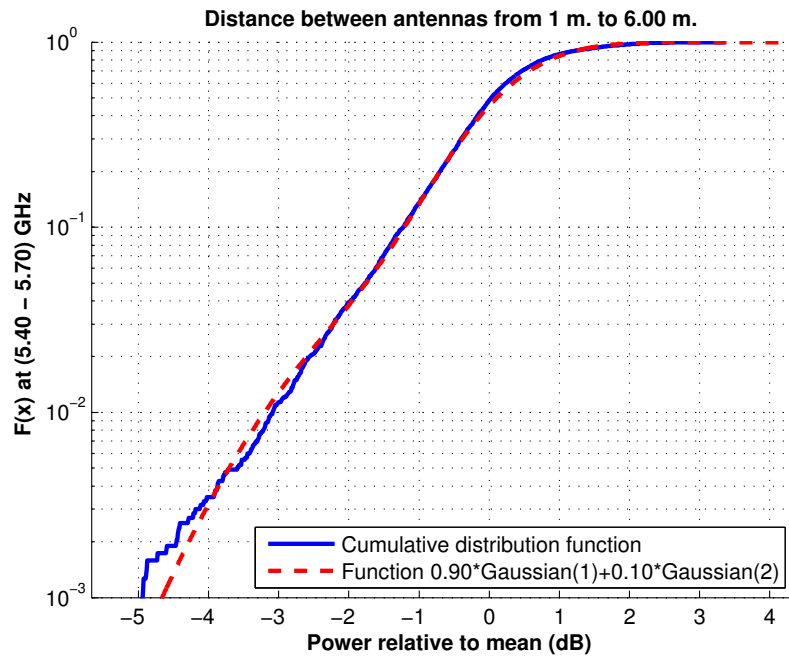


Figura 5.289: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.290 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.15$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-4.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (5 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.291 representa su correspondiente CDF.

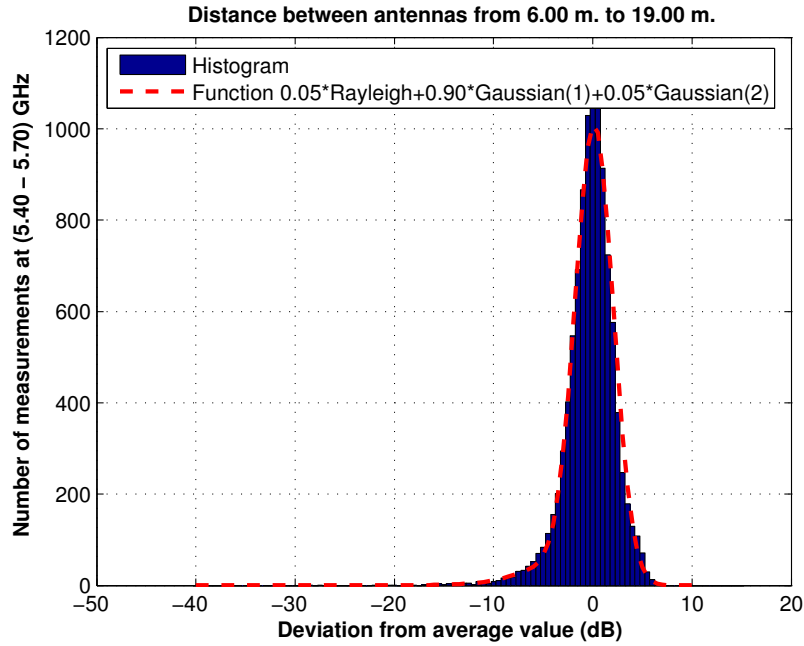


Figura 5.290: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

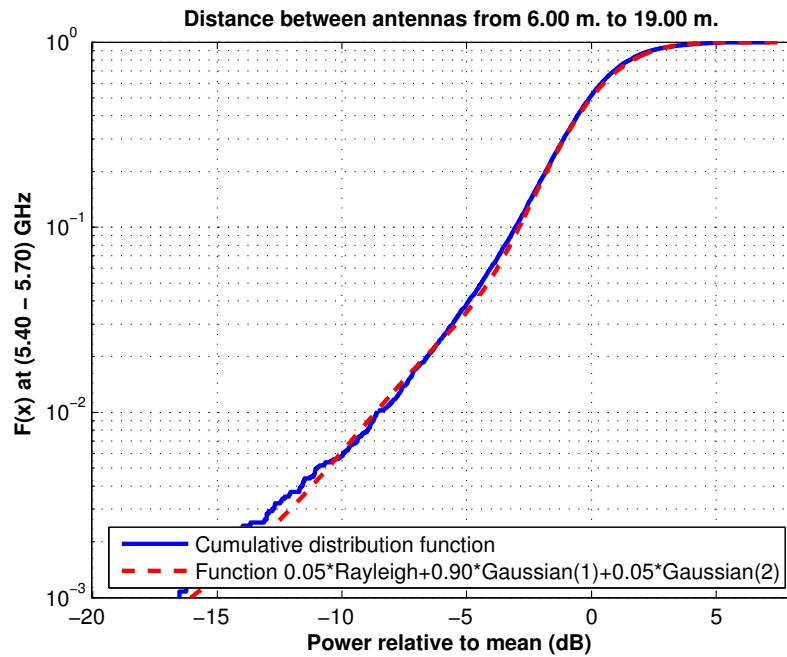


Figura 5.291: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.292 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

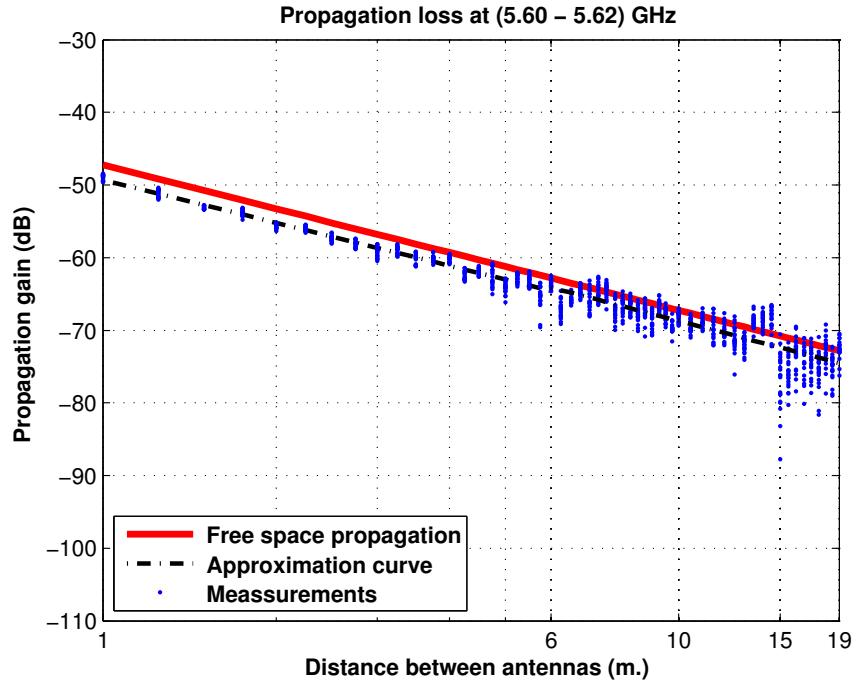


Figura 5.292: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,30 + 19,62 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,10 + 20,78 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.96$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.08$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.293 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (89 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.70$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.75$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.294 representa su correspondiente CDF.

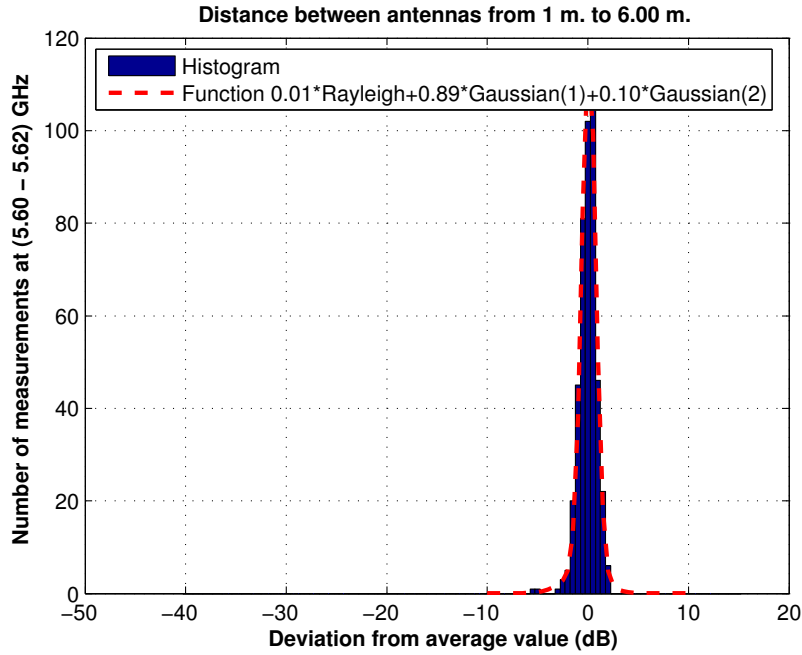


Figura 5.293: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

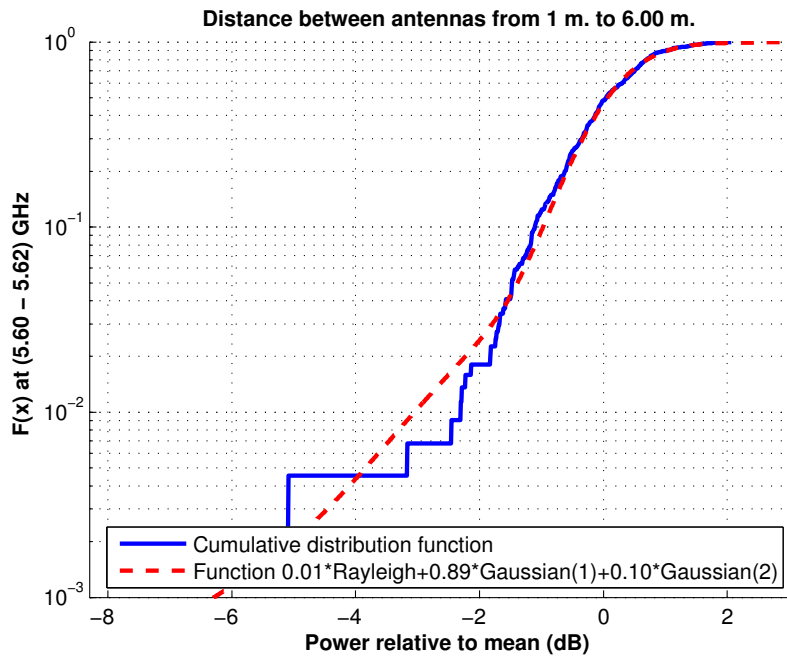


Figura 5.294: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.295 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=0.22$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=3.30$) y una Función Rayleigh (2 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.296 representa su correspondiente CDF.

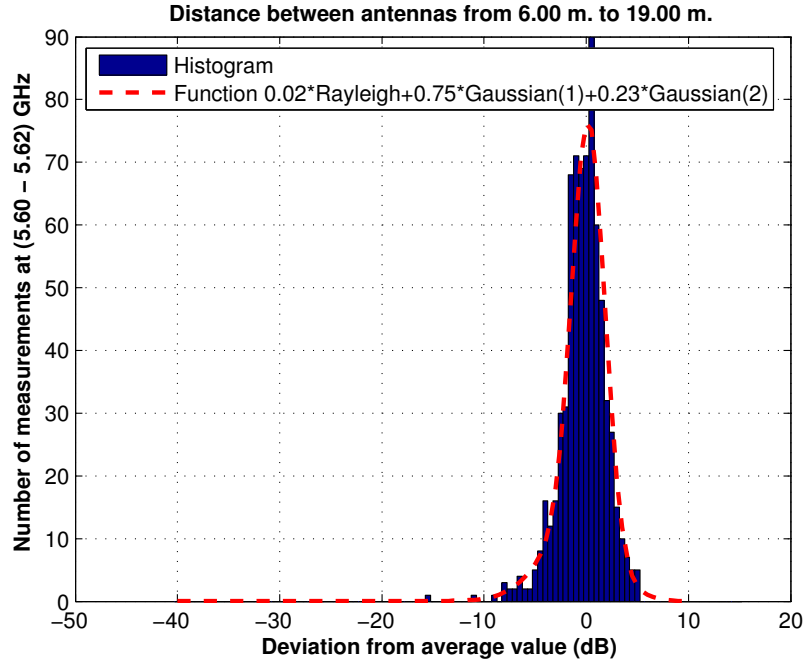


Figura 5.295: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

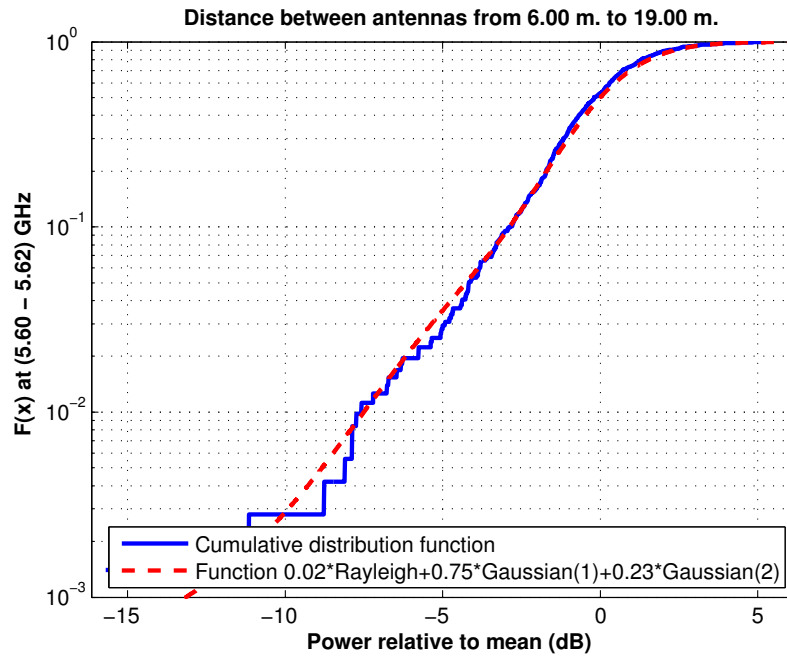


Figura 5.296: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

5.2. Edificio A

5.2.1. Escenario 12: Pasillo Central, Planta Baja, Edificio A

Entorno: Pasillo central de la Planta Baja, Edificio A.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz.

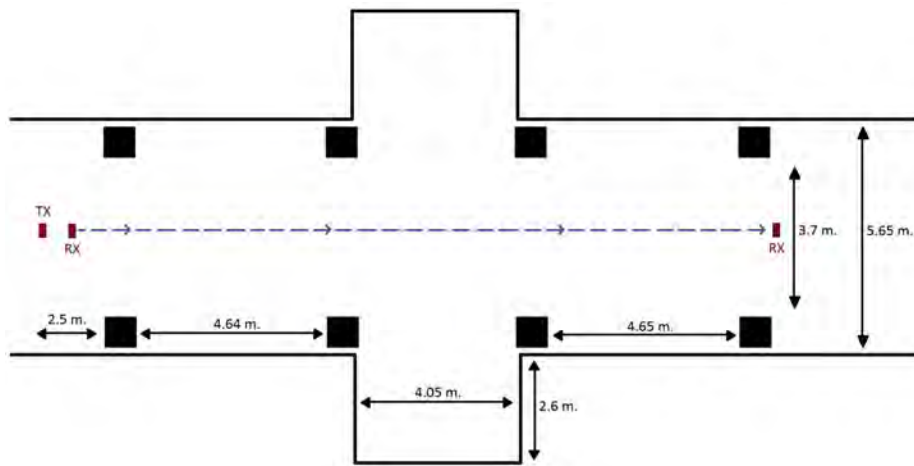


Figura 5.297: Plano del pasillo central, Planta Baja, Edificio A

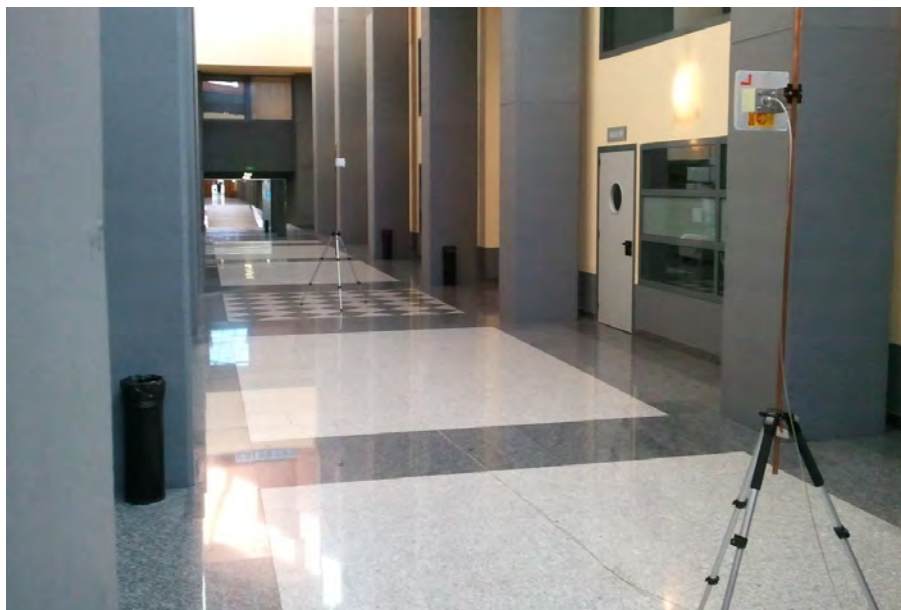


Figura 5.298: Foto del pasillo central, Planta Baja, Edificio A

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.299 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

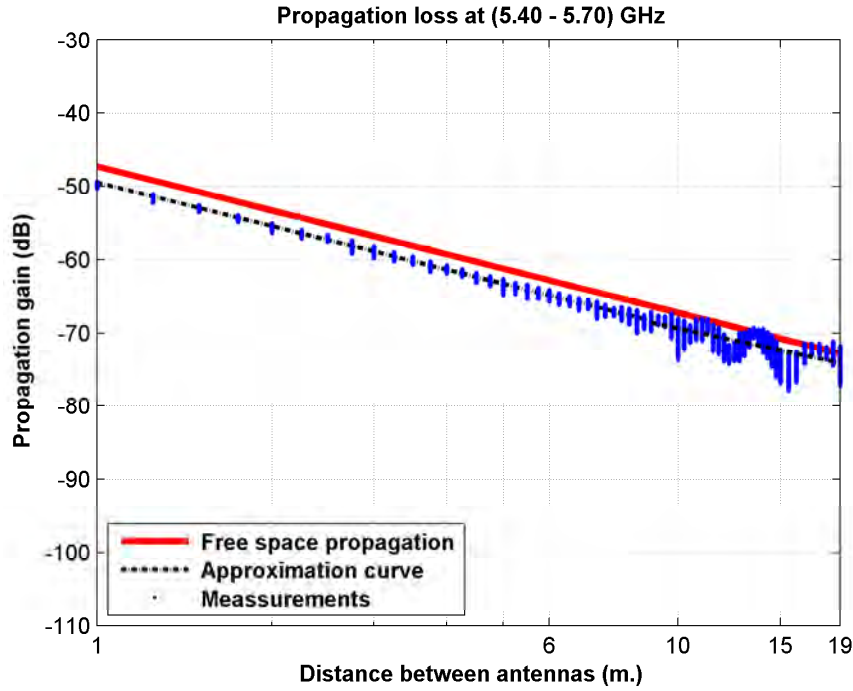


Figura 5.299: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,44 + 19,81 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,61 + 16,85 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.69$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.300 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.55$). La Figura 5.301 representa su correspondiente CDF.

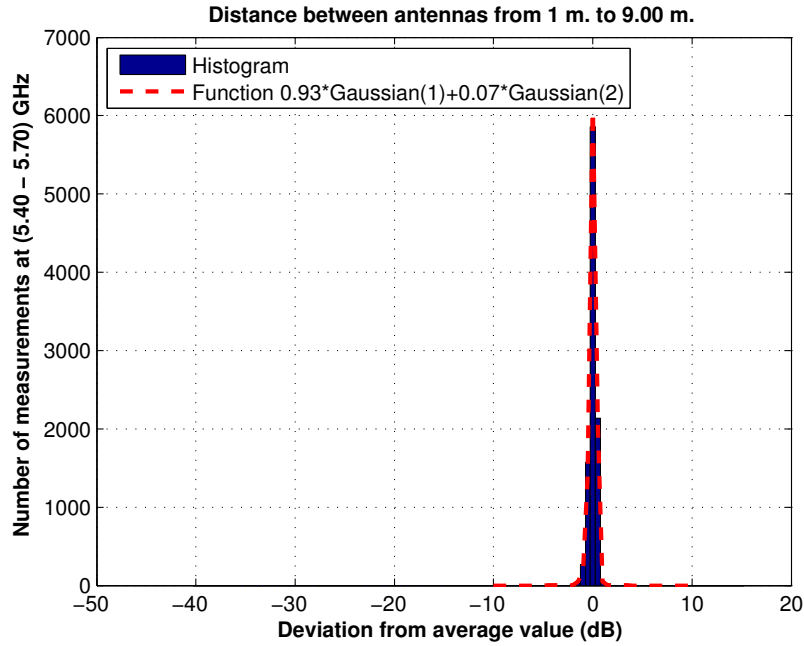


Figura 5.300: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

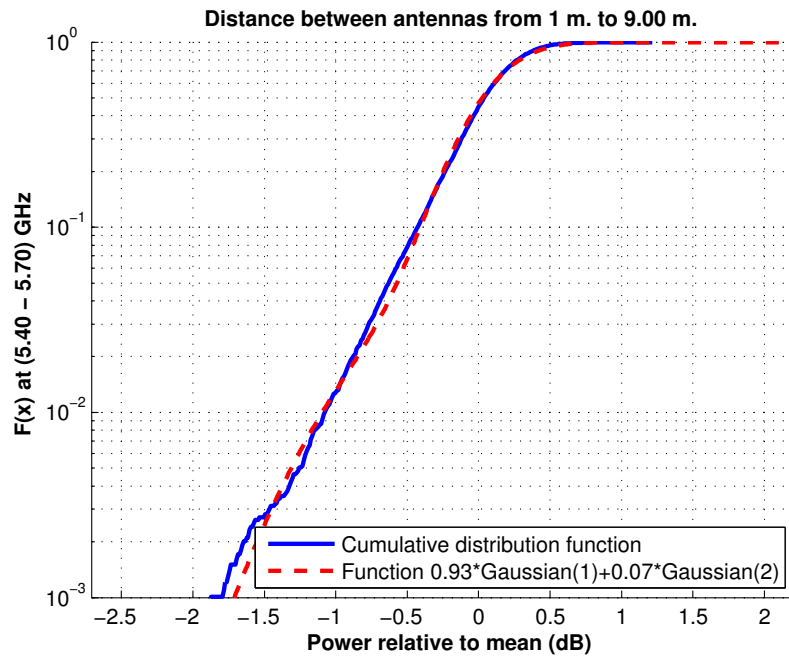


Figura 5.301: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.302 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (77 %, $\mu=0.40$, $\sigma=0.90$) y otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-2.30$, $\sigma=1.10$). La Figura 5.303 representa su correspondiente CDF.

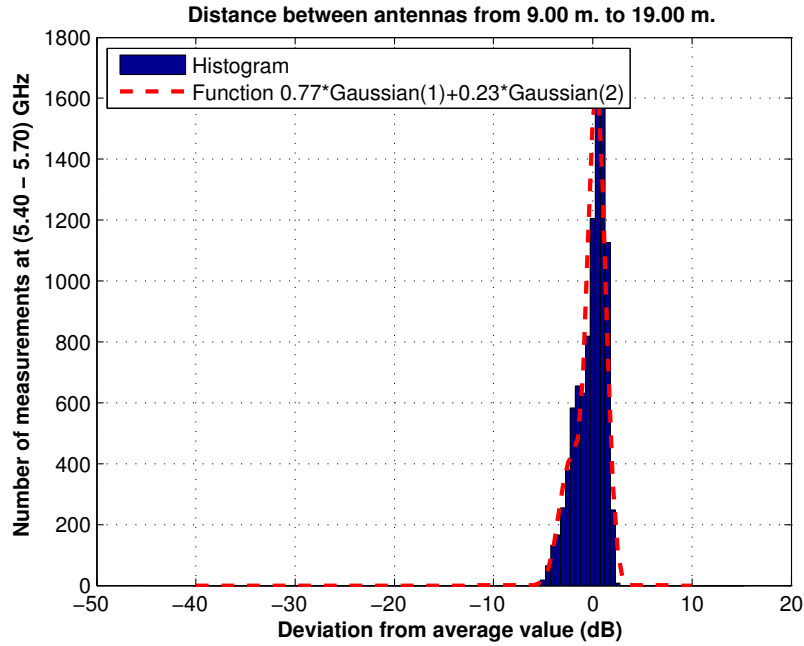


Figura 5.302: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

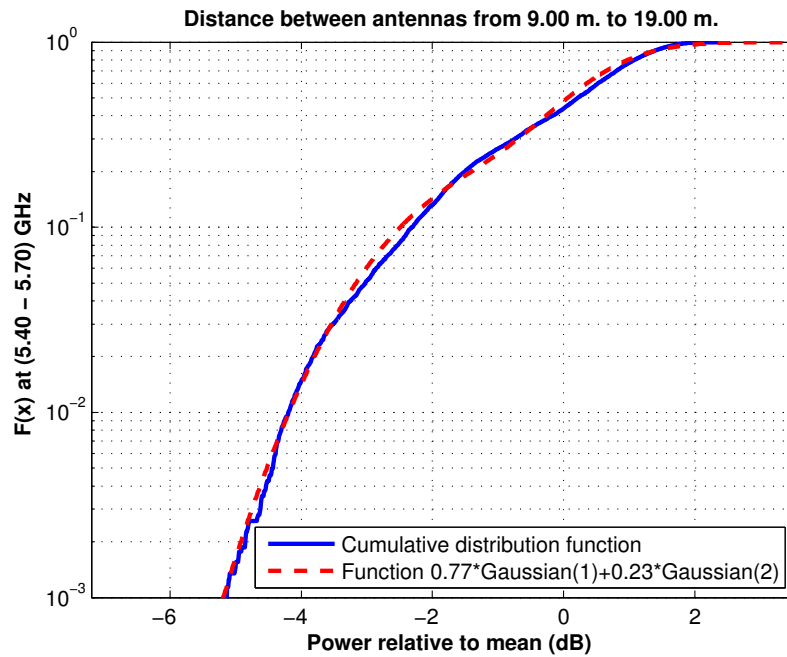


Figura 5.303: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.304 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

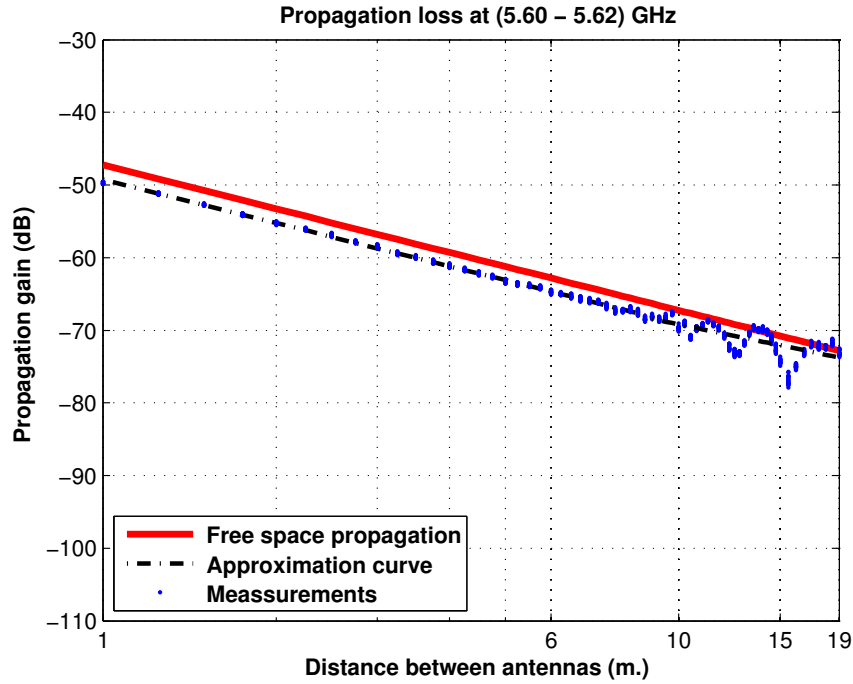


Figura 5.304: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,27 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,44 + 16,37 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.64$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.305 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (70 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.32$) y otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=0.30$, $\sigma=0.27$). La Figura 5.306 representa su correspondiente CDF.

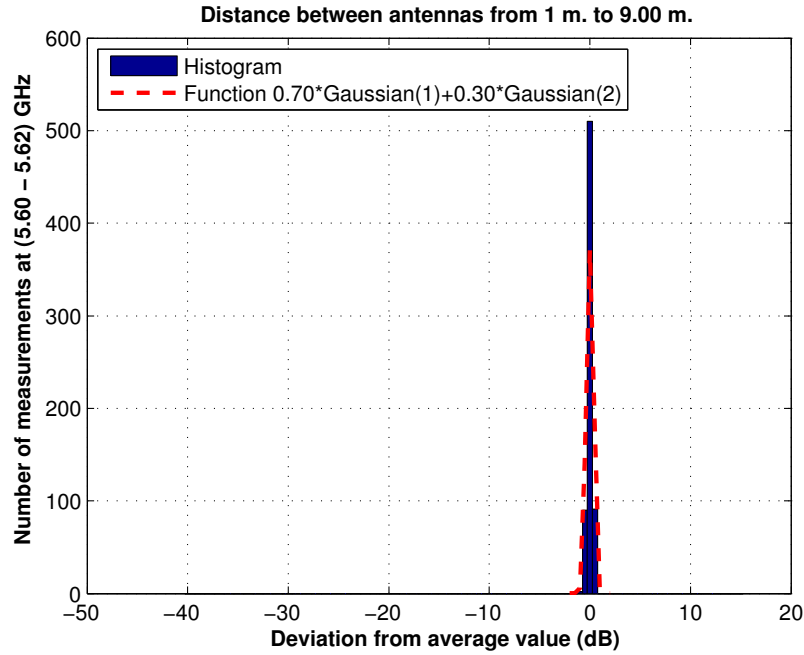


Figura 5.305: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

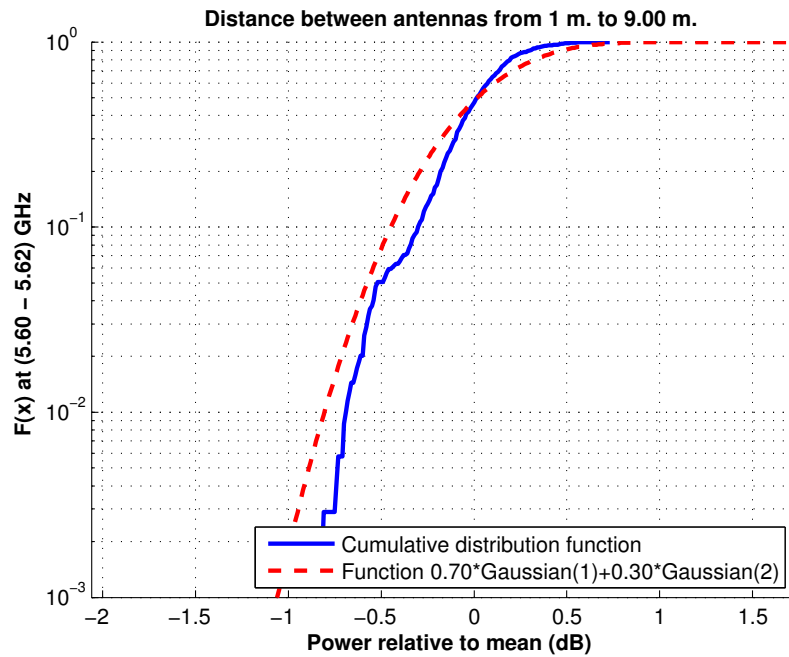


Figura 5.306: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.307 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=0.50$, $\sigma=0.95$) y otra Función Gaussiana (25 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=1.50$). La Figura 5.308 representa su correspondiente CDF.

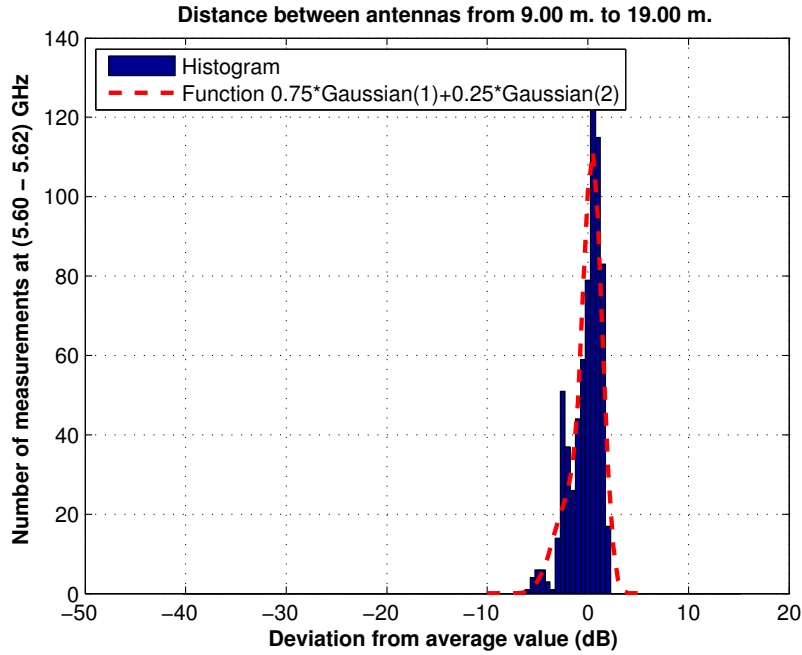


Figura 5.307: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

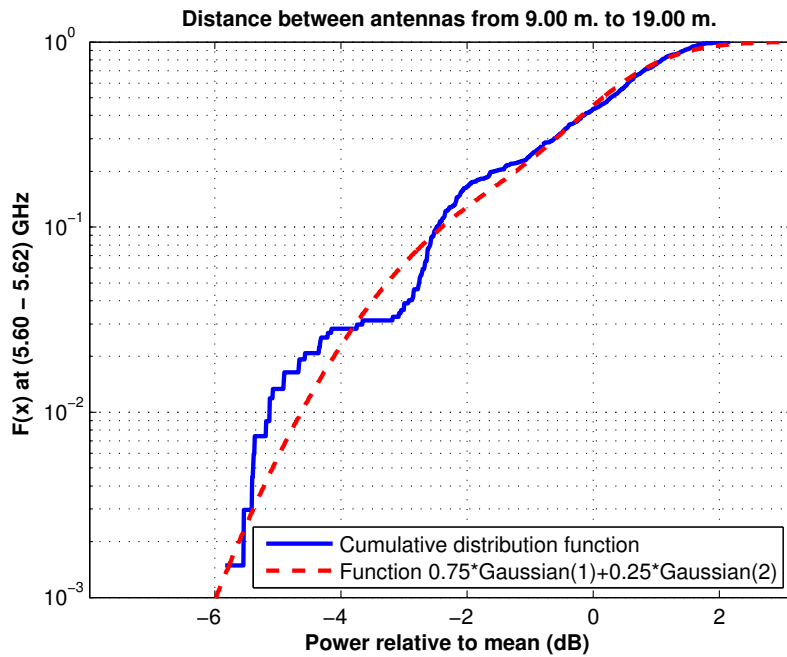


Figura 5.308: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.309 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

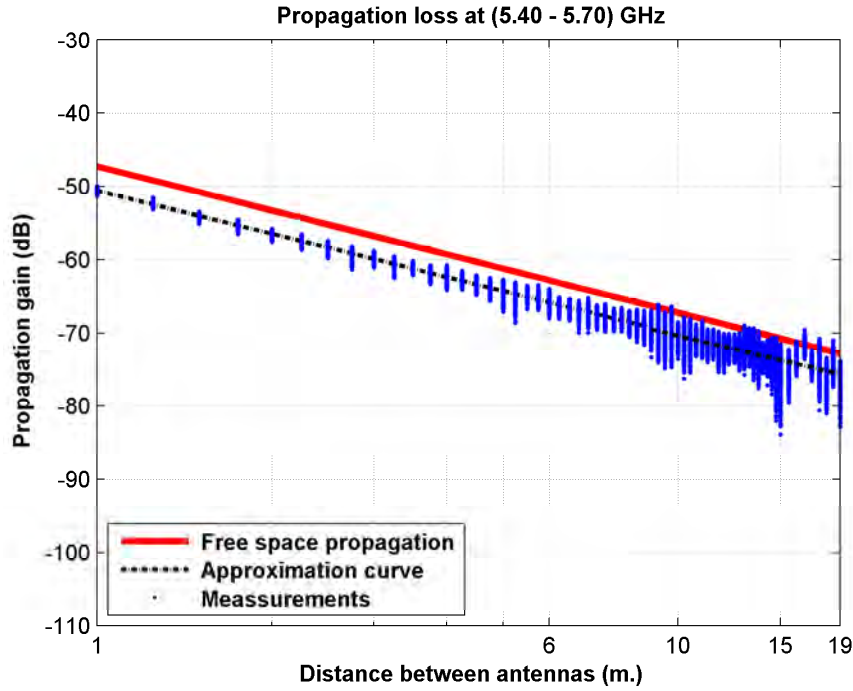


Figura 5.309: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,54 + 19,65 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,55 + 18,75 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.88$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.310 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.311 representa su correspondiente CDF.

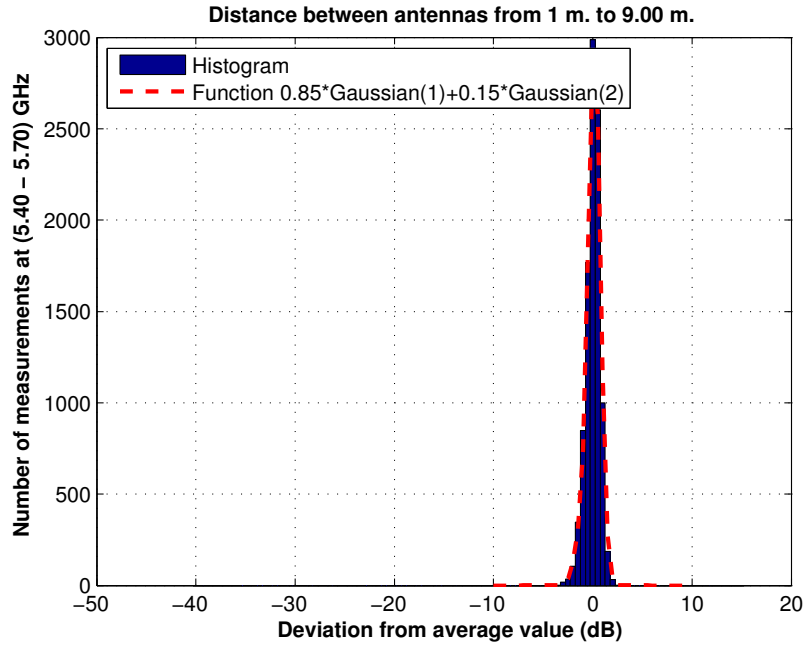


Figura 5.310: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

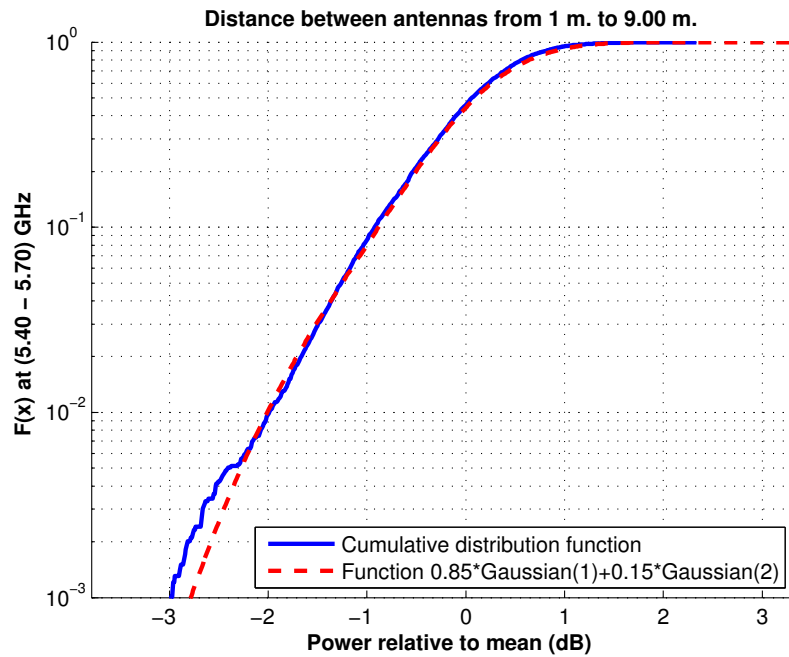


Figura 5.311: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.312 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (69 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.30$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=2.20$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=1.30$). La Figura 5.313 representa su correspondiente CDF.

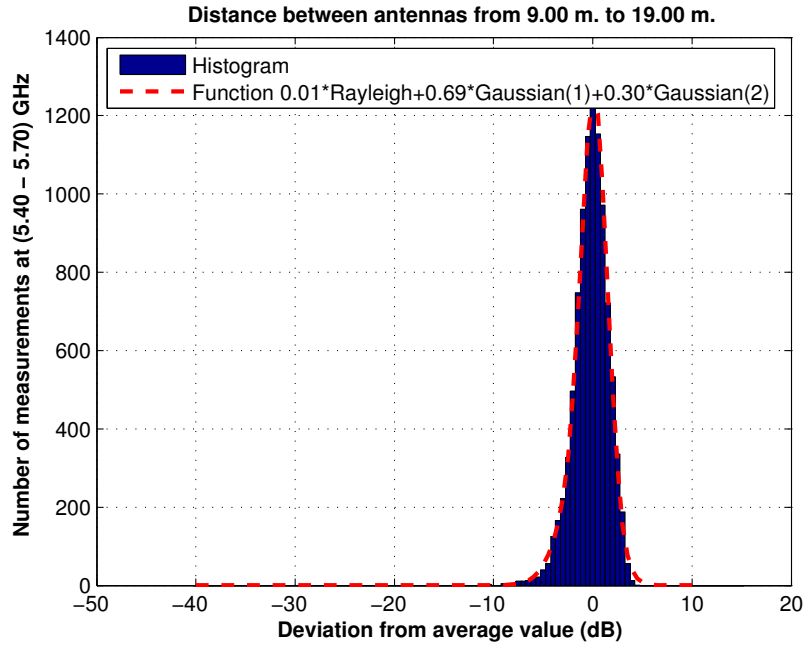


Figura 5.312: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

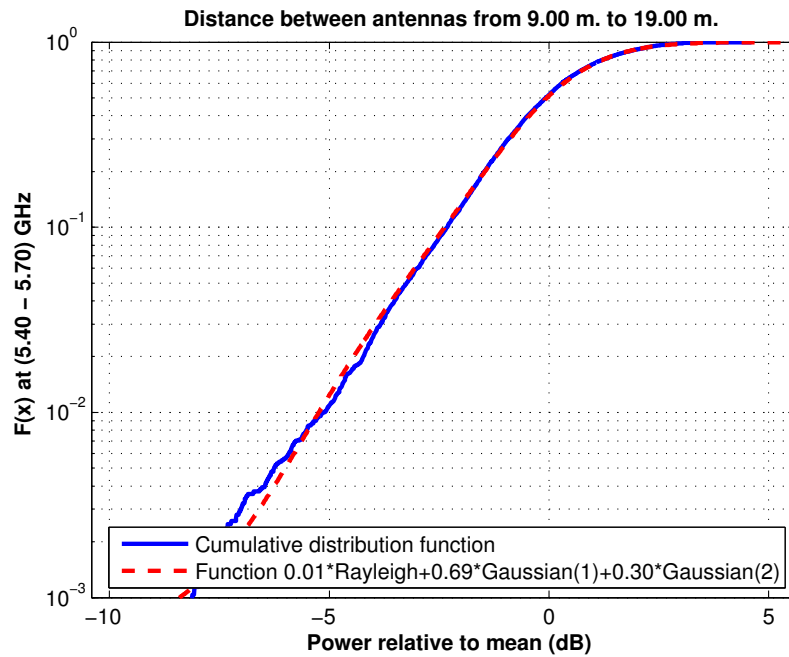


Figura 5.313: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.314 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

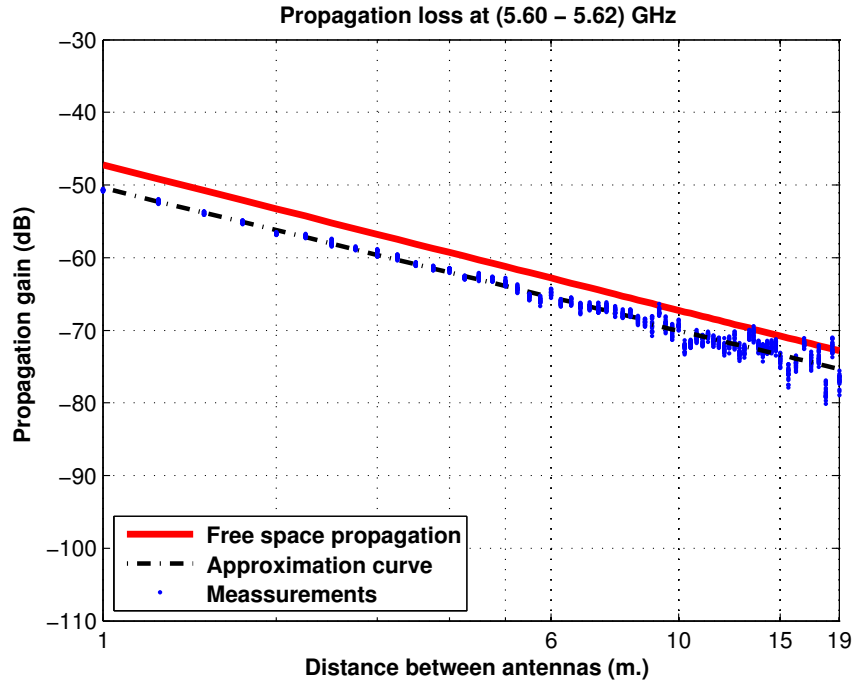


Figura 5.314: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,41 + 19,29 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,21 + 18,80 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.93$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.88$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.315 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-0.25$, $\sigma=0.60$). La Figura 5.316 representa su correspondiente CDF.

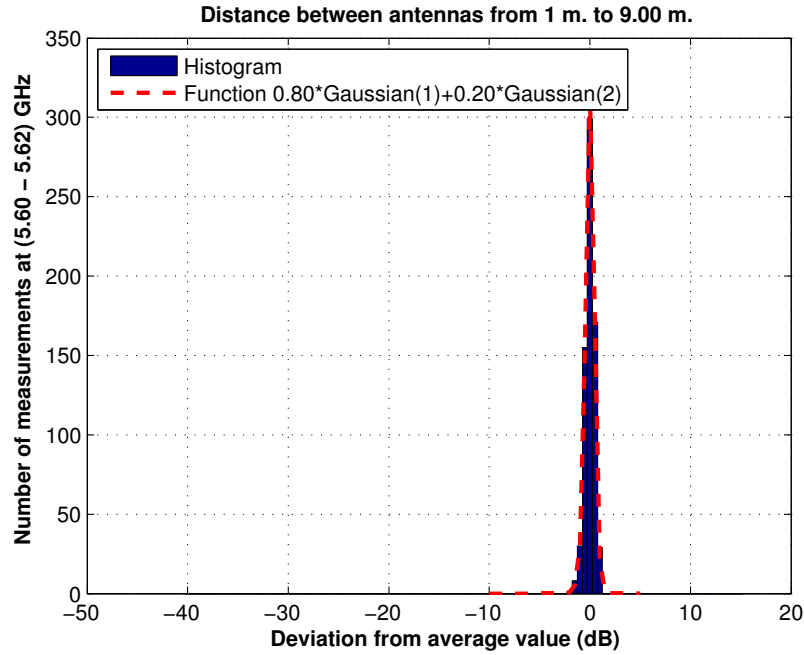


Figura 5.315: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

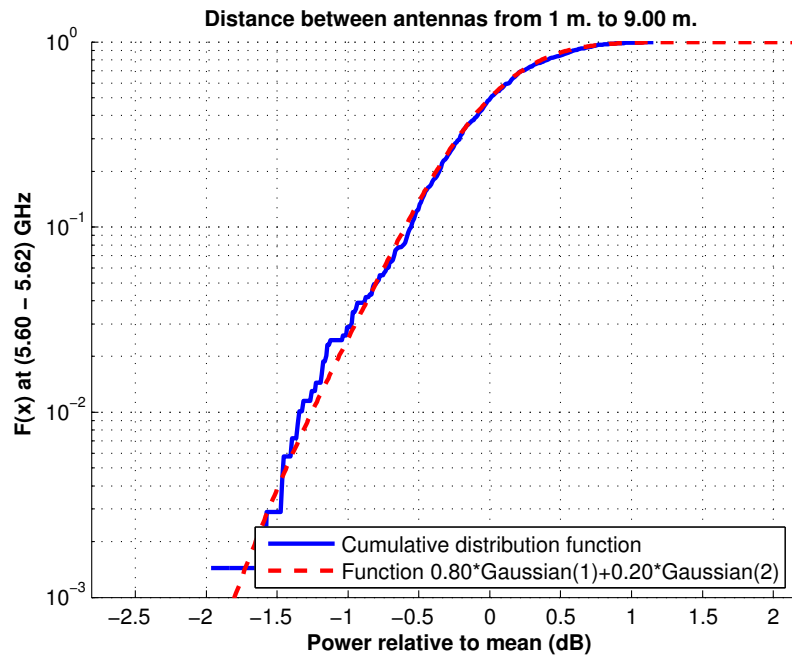


Figura 5.316: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.317 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=-0.05$, $\sigma=1.30$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-3.80$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.318 representa su correspondiente CDF.

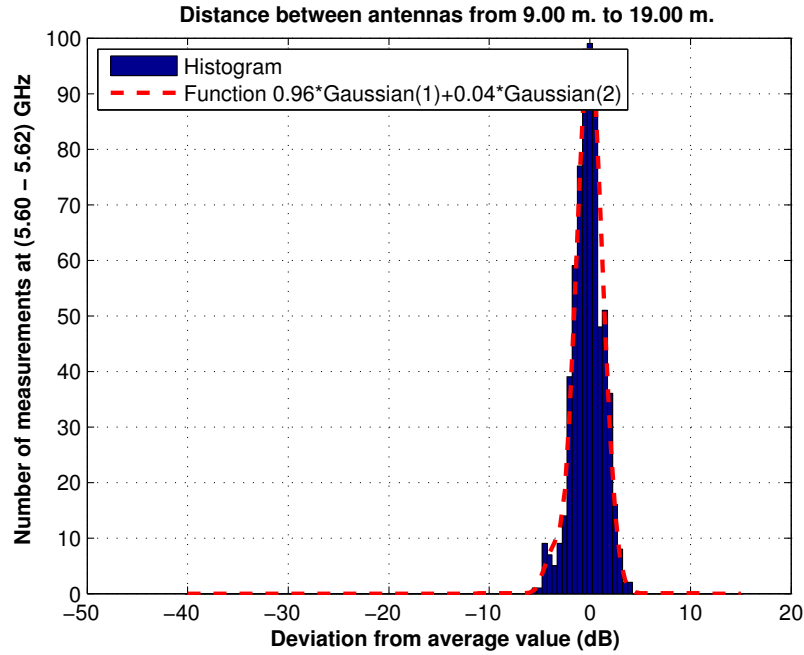


Figura 5.317: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

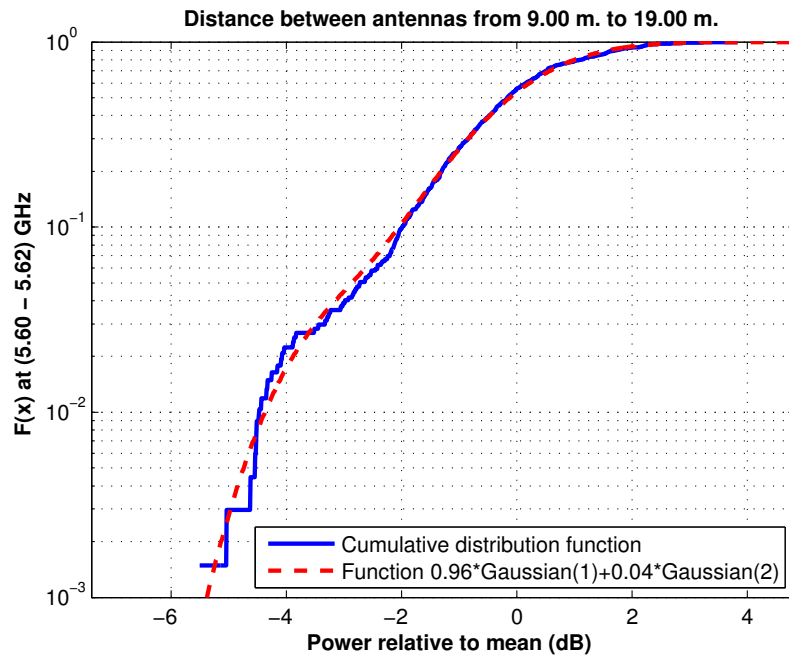


Figura 5.318: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.319 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

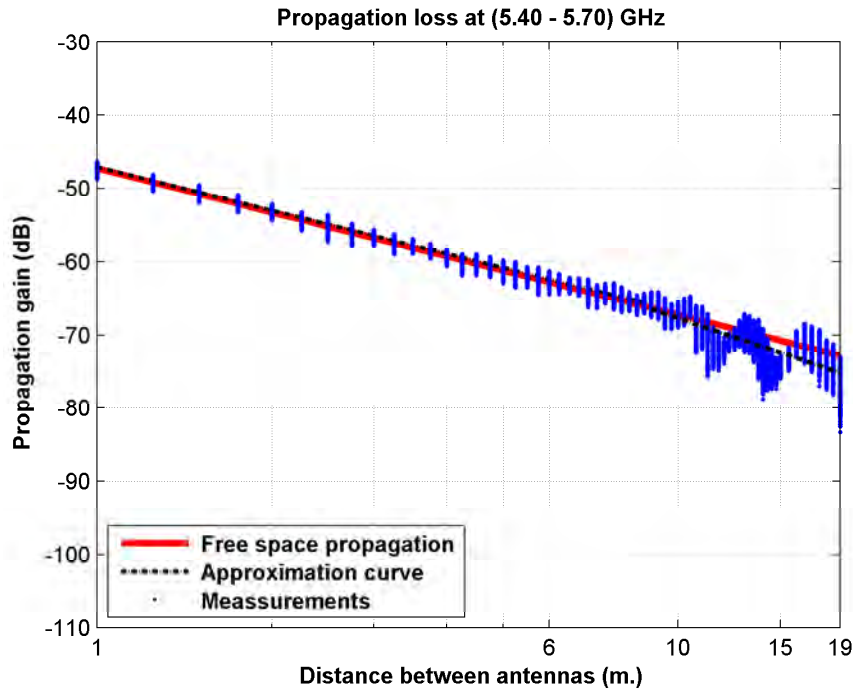


Figura 5.319: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,70 + 19,74 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,12 + 22,90 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.29$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.320 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (83 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.65$) y otra Función Gaussiana (17 %, $\mu=-0.70$, $\sigma=0.50$). La Figura 5.321 representa su correspondiente CDF.

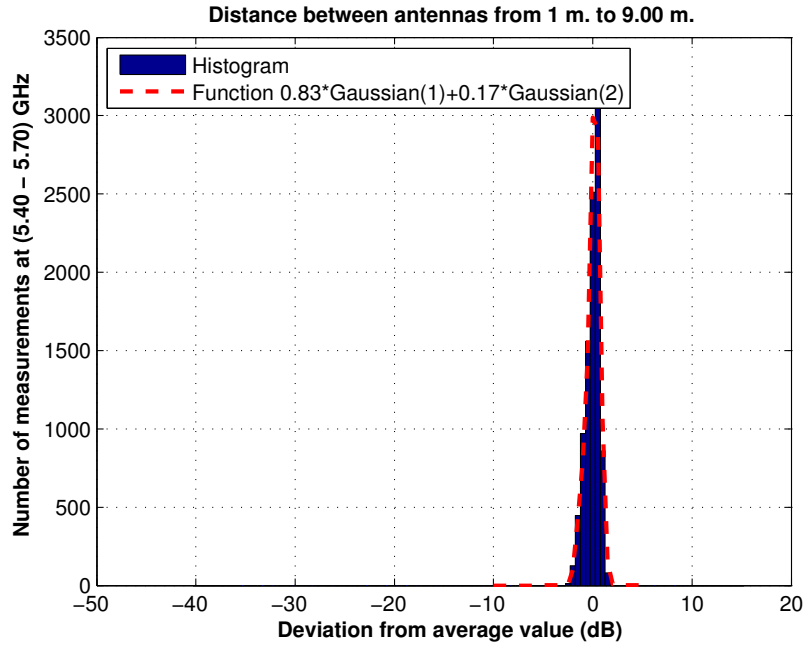


Figura 5.320: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

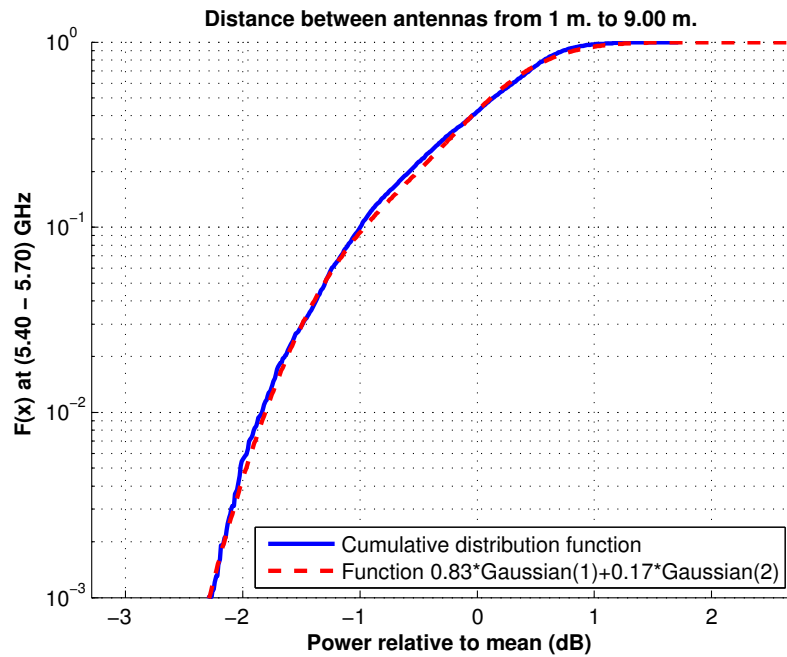


Figura 5.321: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.322 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=1.10$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-1.80$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.323 representa su correspondiente CDF.

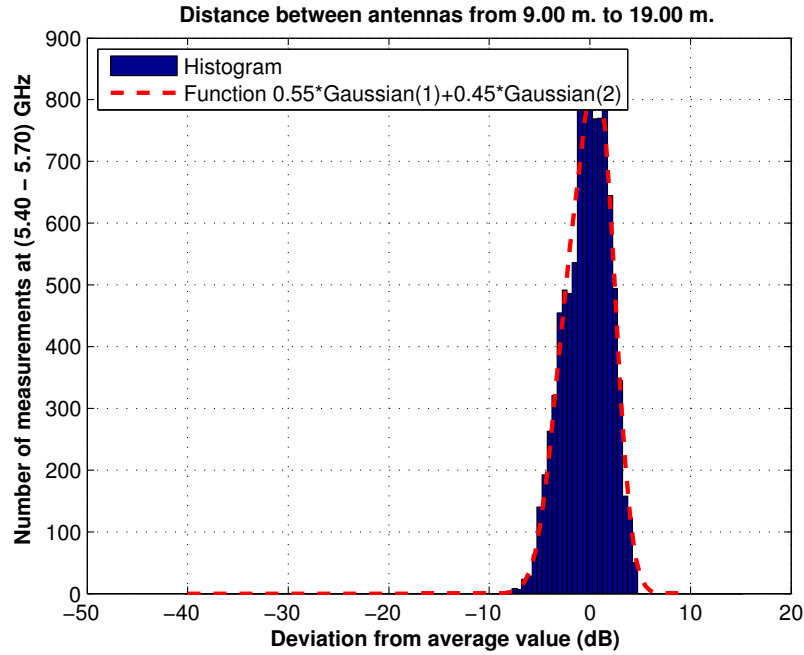


Figura 5.322: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

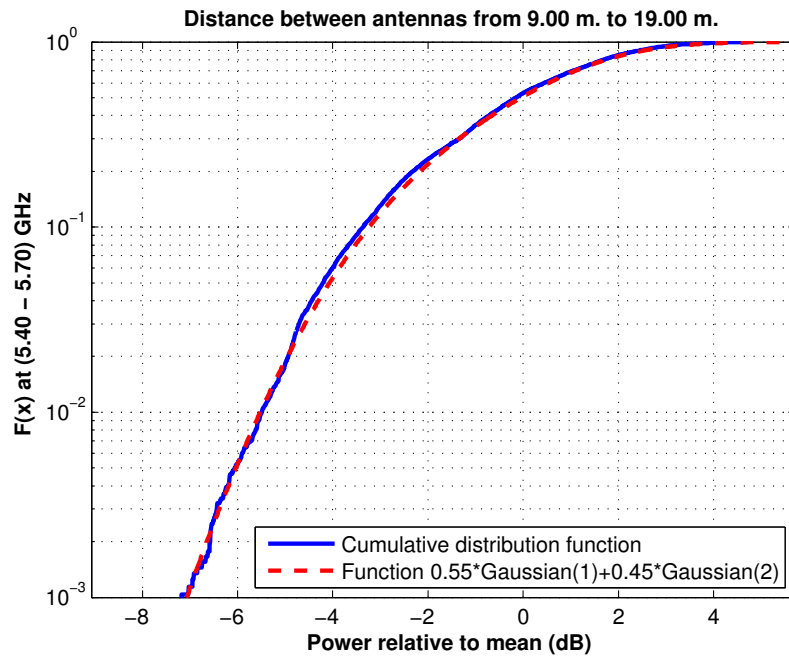


Figura 5.323: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.324 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

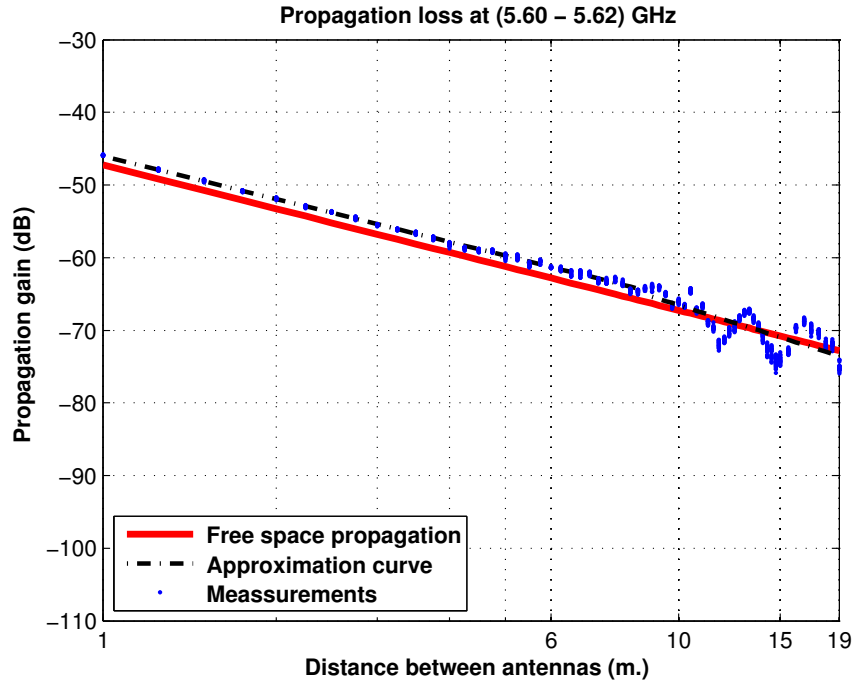


Figura 5.324: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,04 + 19,59 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 65,38 + 25,08 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.96$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.51$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.325 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.32$). La Figura 5.326 representa su correspondiente CDF.

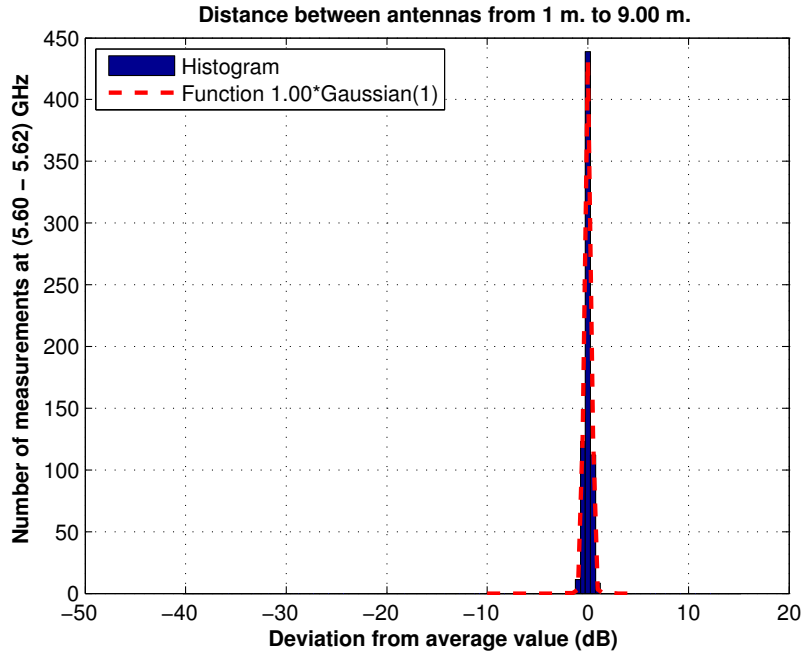


Figura 5.325: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

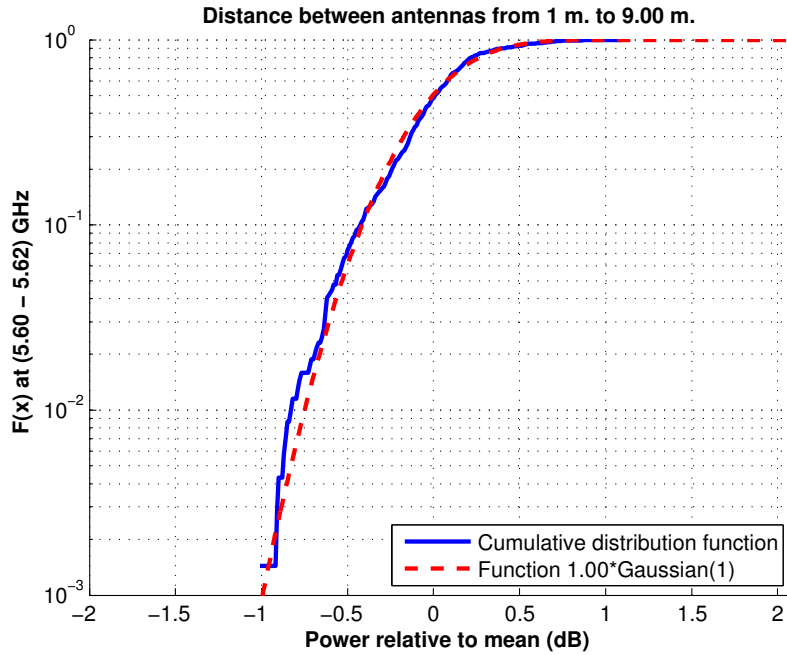


Figura 5.326: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.327 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=1.10$, $\sigma=0.95$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-2.10$, $\sigma=1.20$). La Figura 5.328 representa su correspondiente CDF.

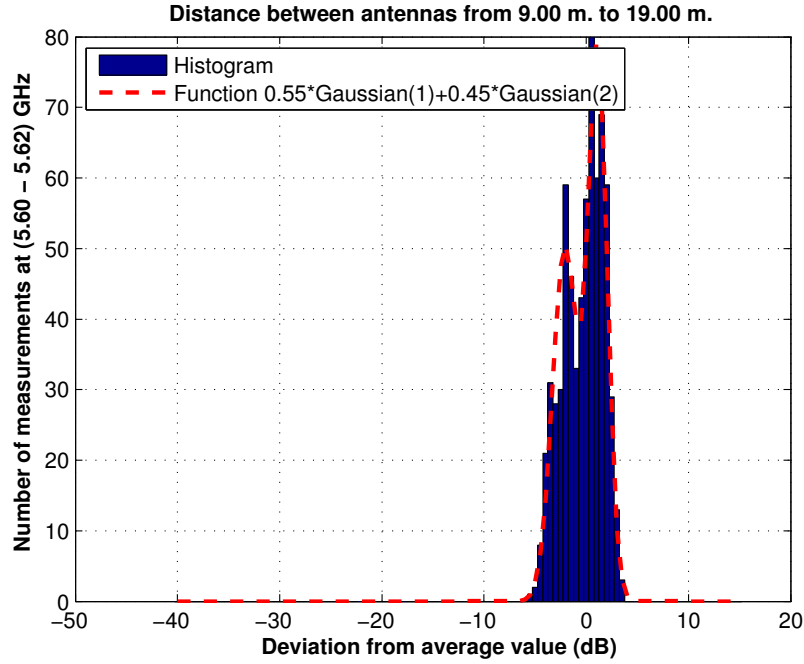


Figura 5.327: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

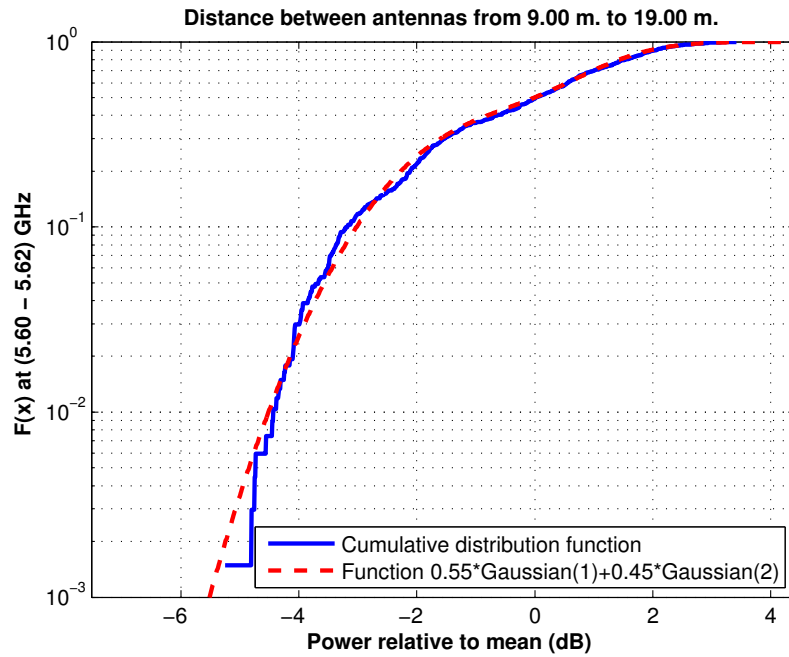


Figura 5.328: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.329 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

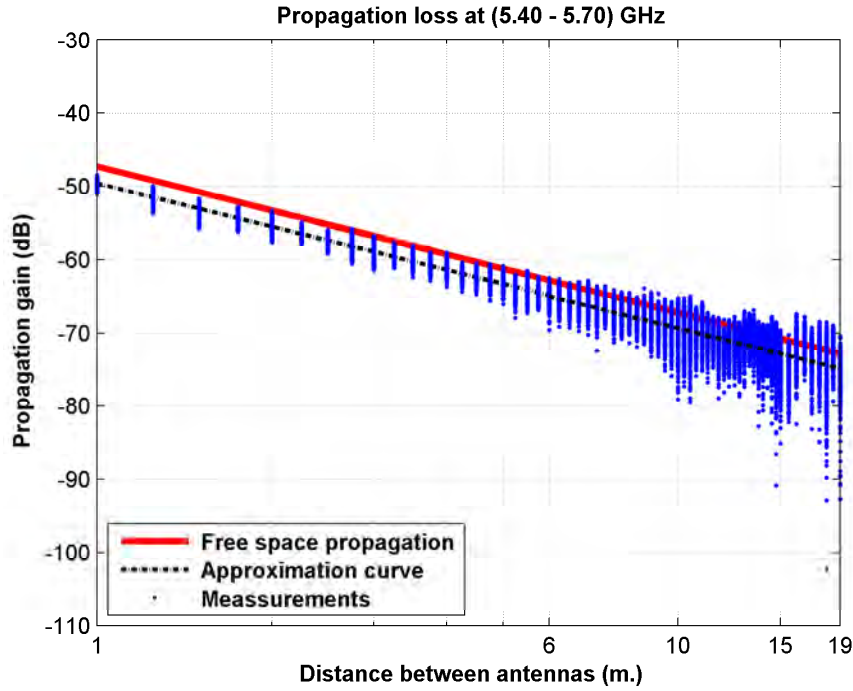


Figura 5.329: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,55 + 19,66 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,02 + 19,66 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.97$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.330 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.12$, $\sigma=0.85$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.45$, $\sigma=1.10$). La Figura 5.331 representa su correspondiente CDF.

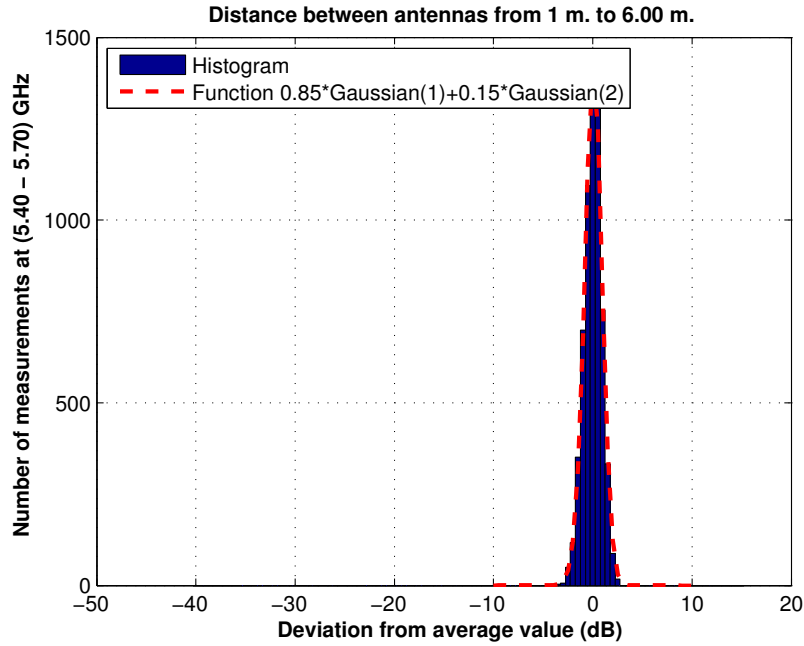


Figura 5.330: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

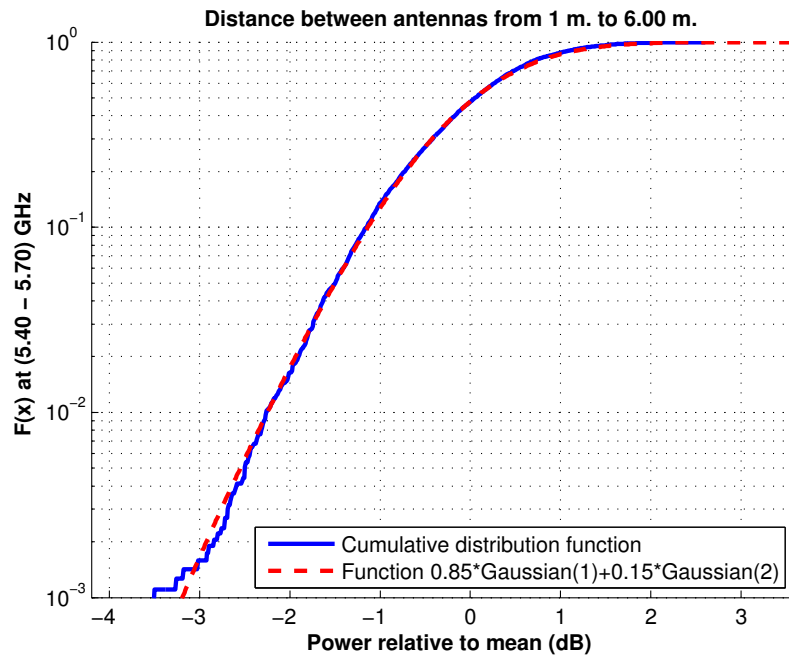


Figura 5.331: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.332 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (74 %, $\mu=0.25$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=2.50$) y una Función Rayleigh (3 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.333 representa su correspondiente CDF.

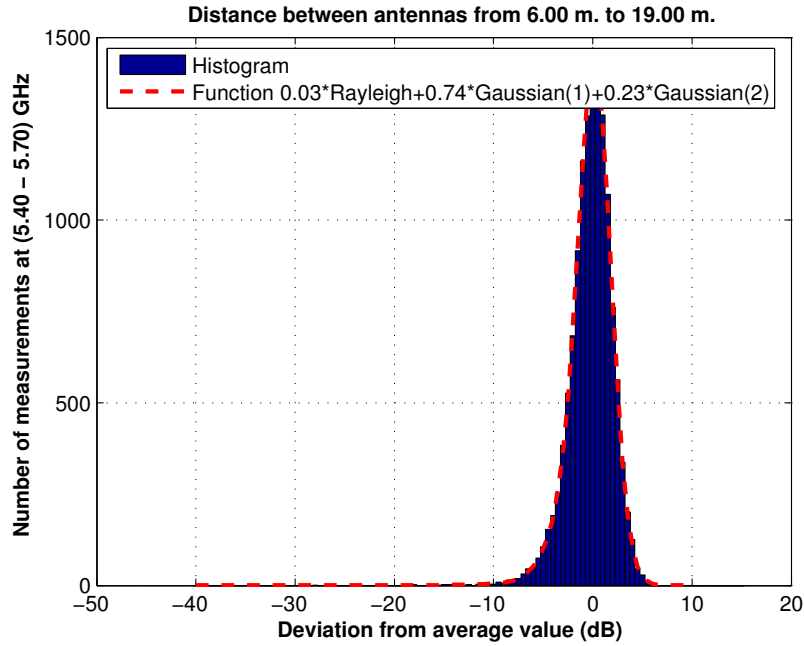


Figura 5.332: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

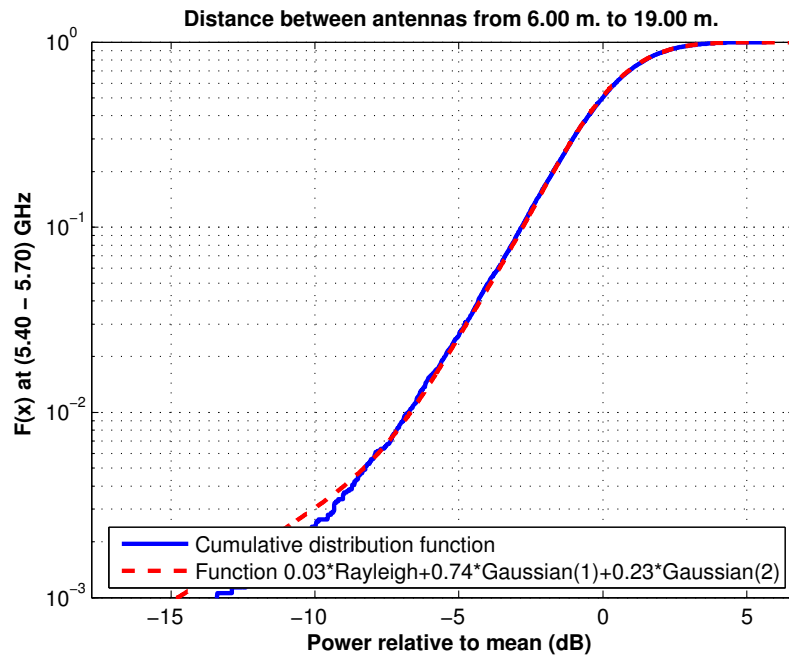


Figura 5.333: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.334 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

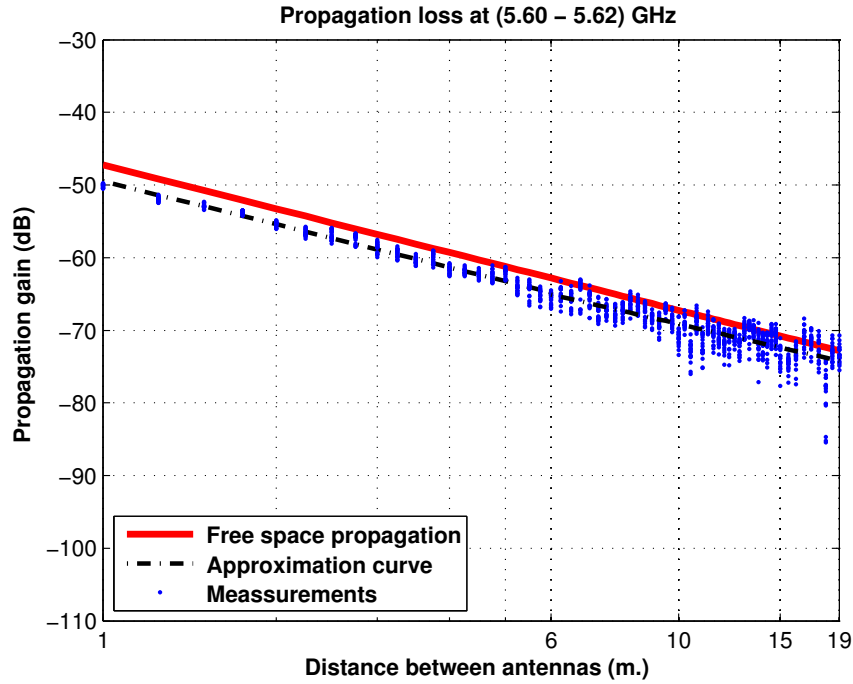


Figura 5.334: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,47 + 19,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,07 + 18,33 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.83$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.335 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.06$, $\sigma=0.63$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.35$). La Figura 5.336 representa su correspondiente CDF.

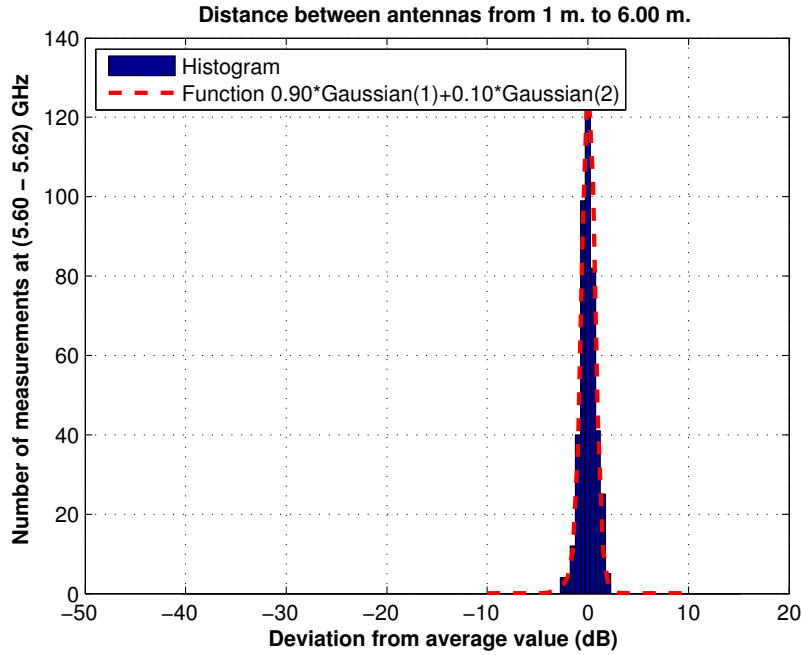


Figura 5.335: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

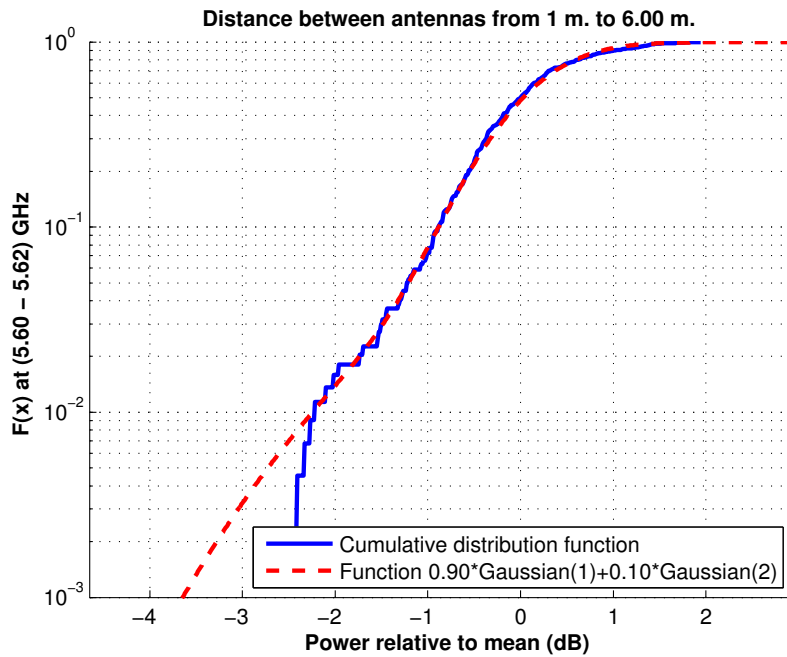


Figura 5.336: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.337 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.18$, $\sigma=1.45$), otra Función Gaussiana (14 %, $\mu=-1.40$, $\sigma=2.80$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.338 representa su correspondiente CDF.

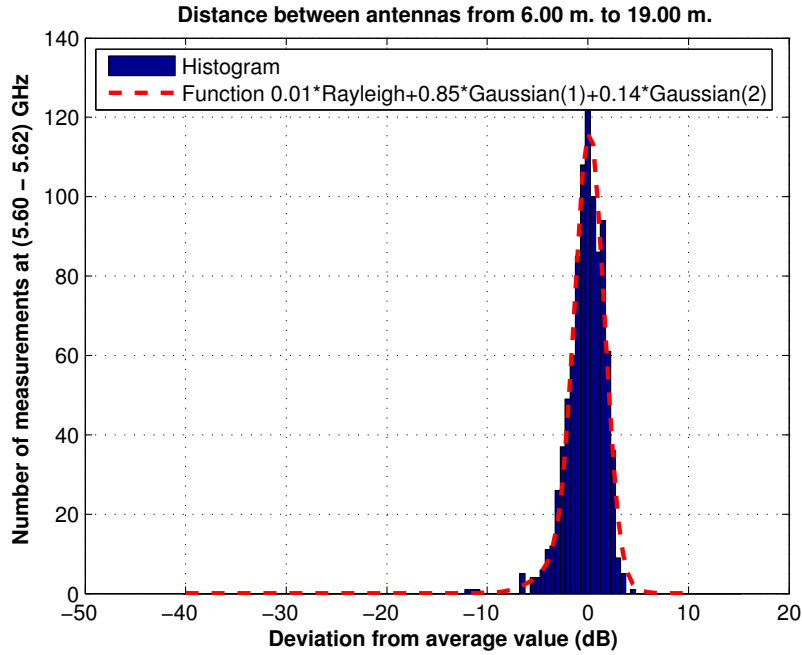


Figura 5.337: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

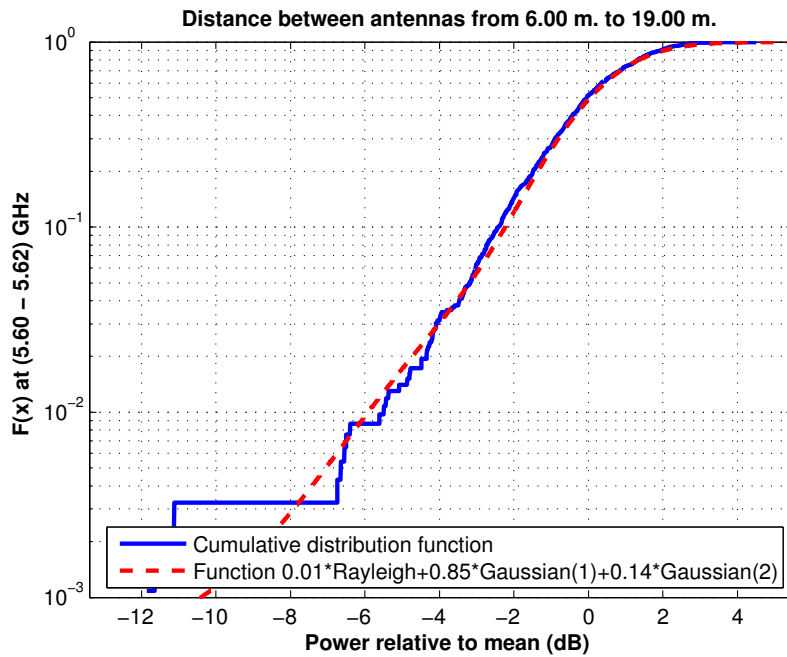


Figura 5.338: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.339 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

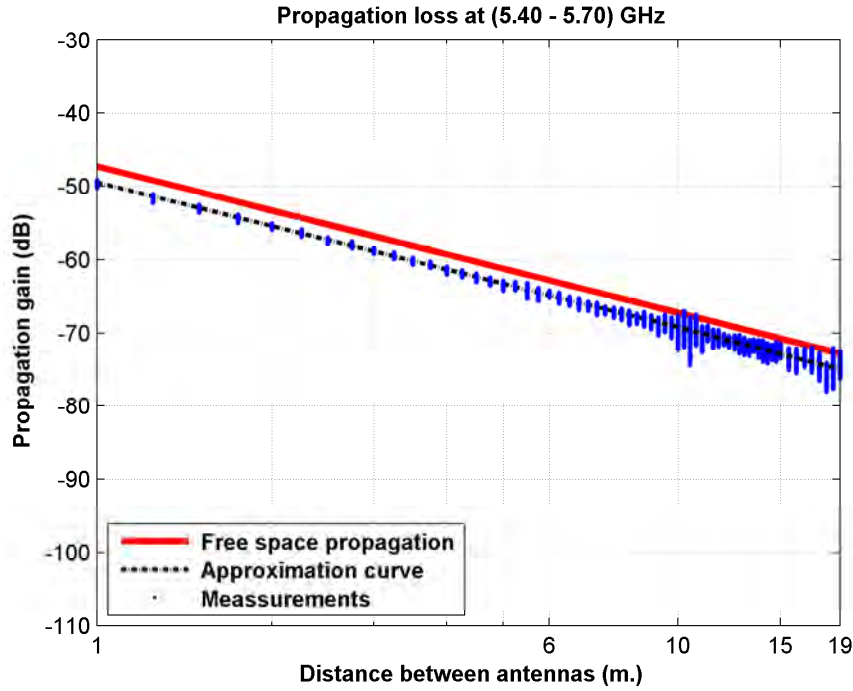


Figura 5.339: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,43 + 19,81 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,29 + 20,68 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.07$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.340 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.25$, $\sigma=0.45$). La Figura 5.341 representa su correspondiente CDF.

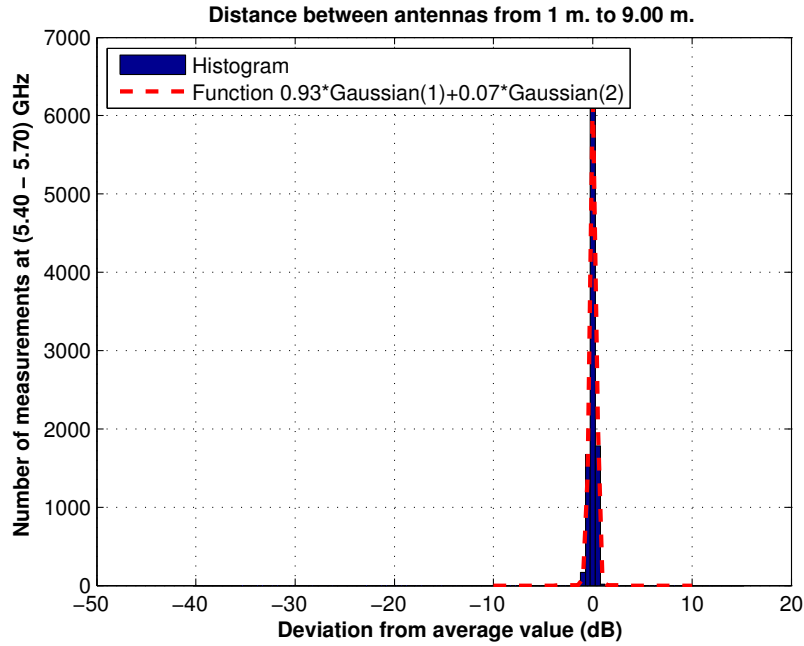


Figura 5.340: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

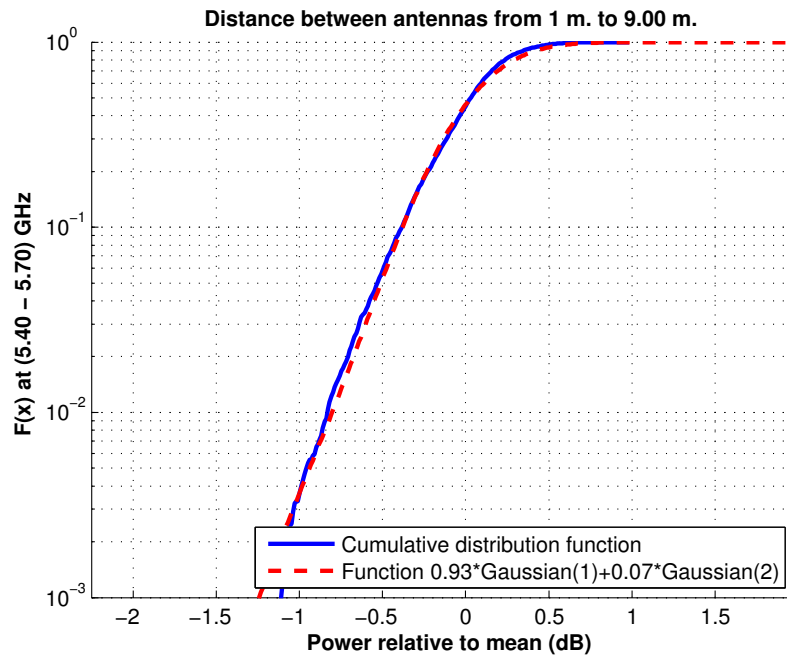


Figura 5.341: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.342 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (77 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.65$) y otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-0.60$, $\sigma=1.30$). La Figura 5.343 representa su correspondiente CDF.

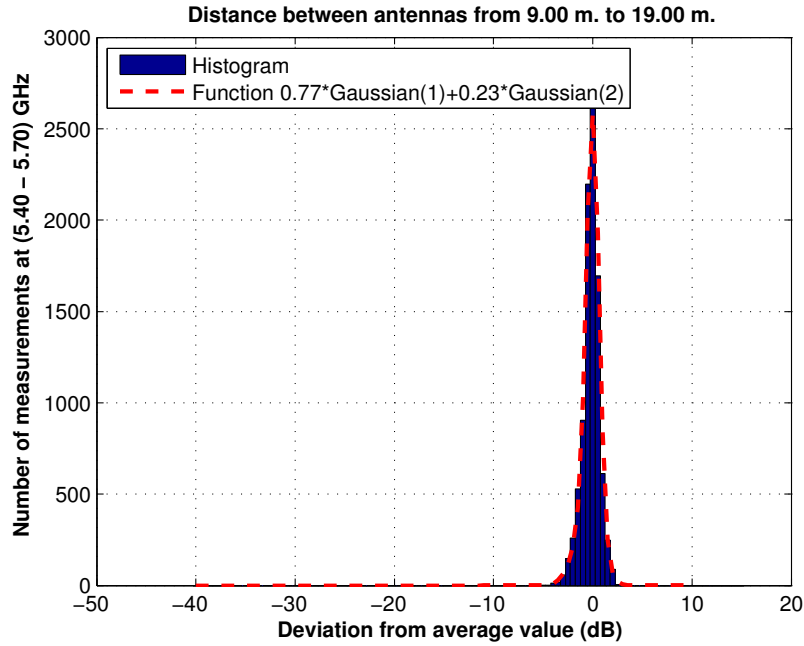


Figura 5.342: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

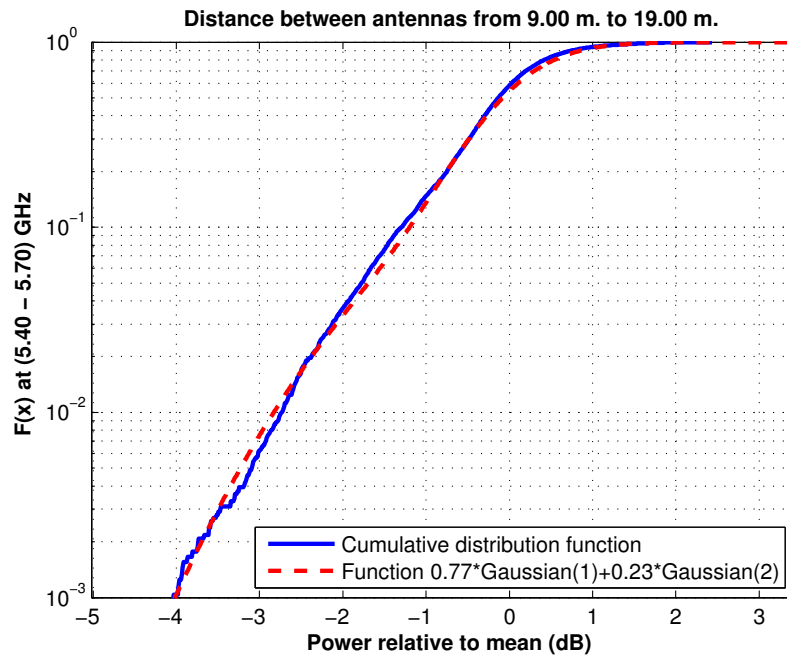


Figura 5.343: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.344 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

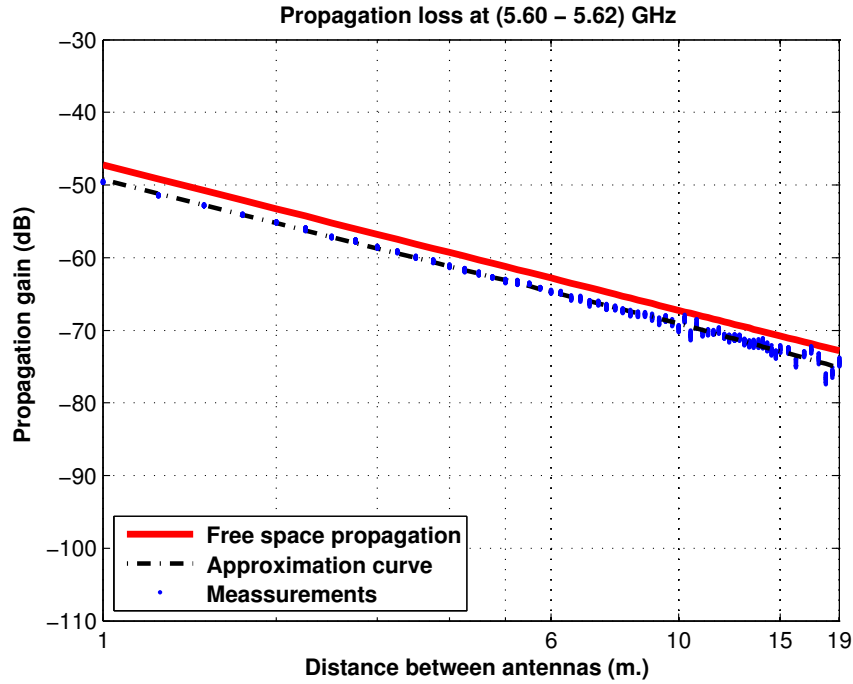


Figura 5.344: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,29 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,10 + 21,65 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.16$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.345 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.13$, $\sigma=0.20$) y otra Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.20$). La Figura 5.346 representa su correspondiente CDF.

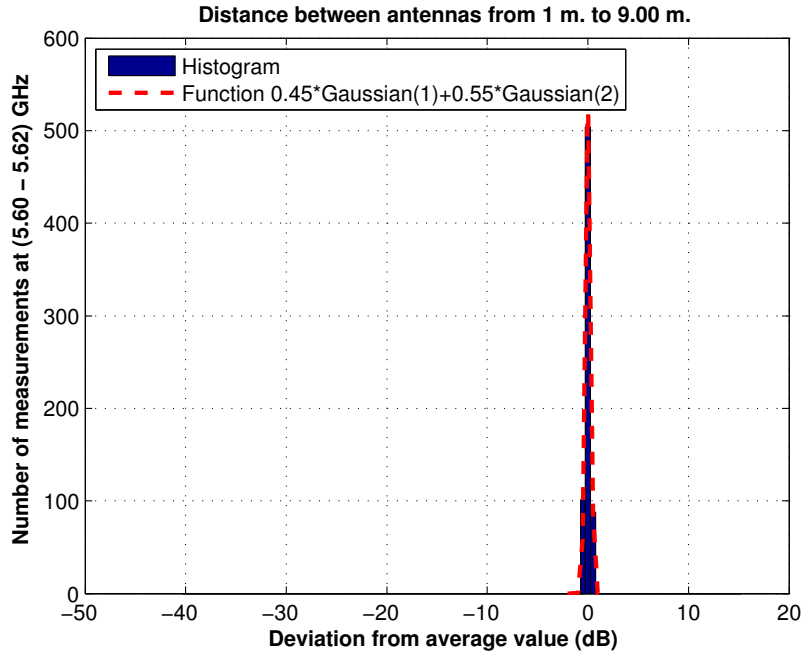


Figura 5.345: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

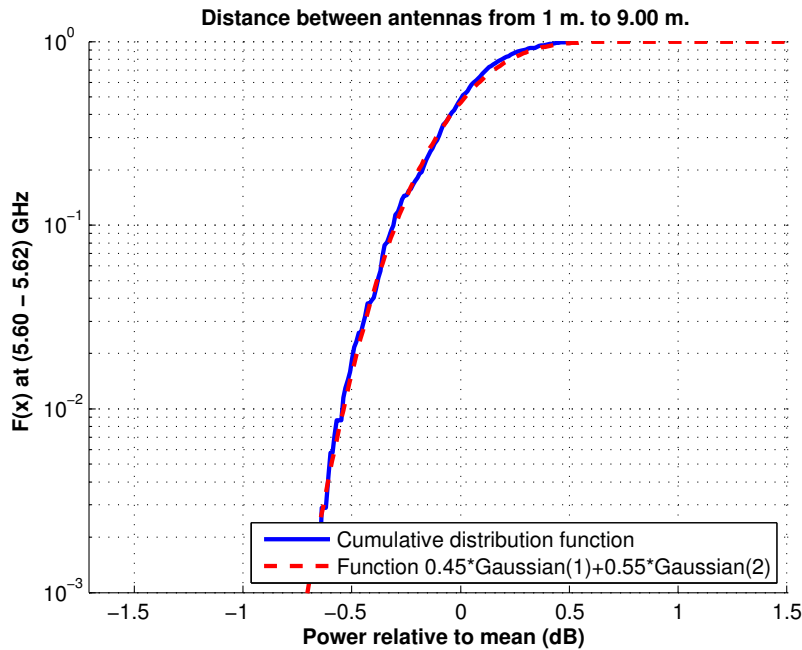


Figura 5.346: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.347 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.65$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=0.60$). La Figura 5.348 representa su correspondiente CDF.

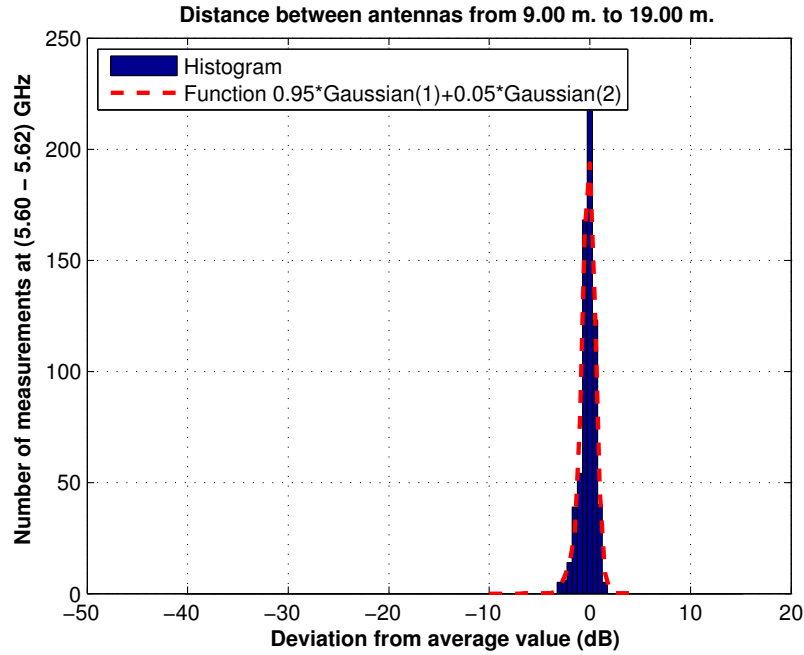


Figura 5.347: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

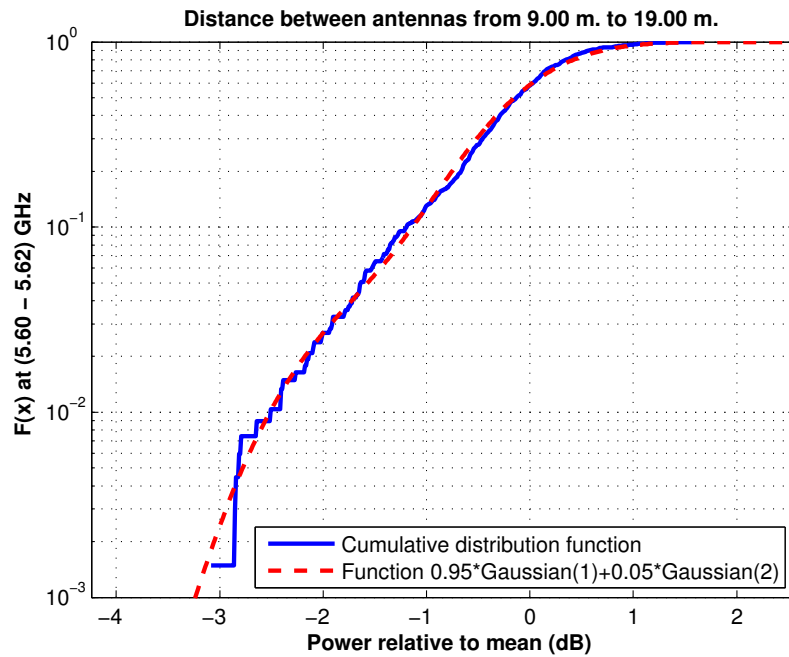


Figura 5.348: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.349 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

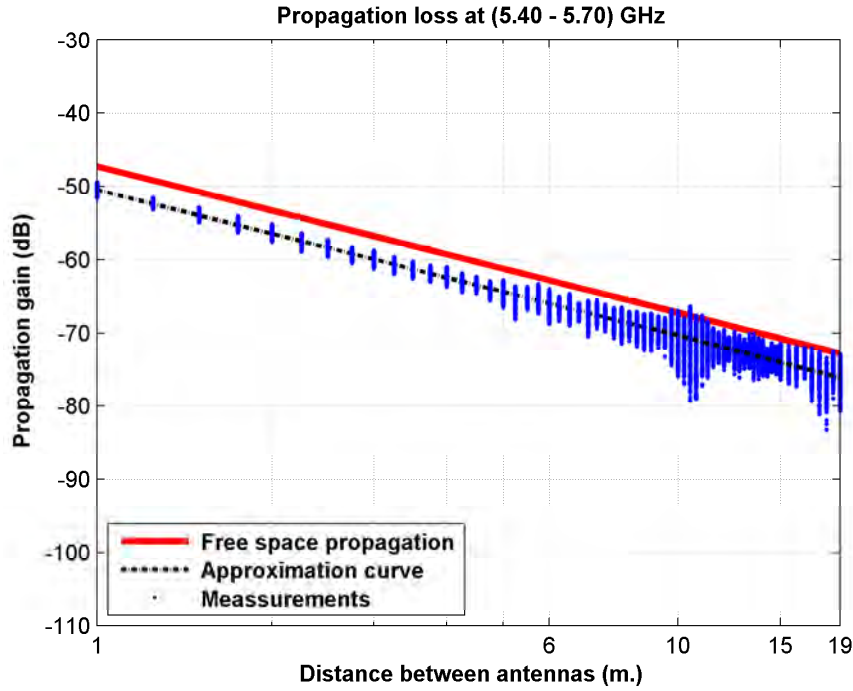


Figura 5.349: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,45 + 19,93 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,41 + 20,76 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.08$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.350 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (87 %, $\mu=0.07$, $\sigma=0.72$) y otra Función Gaussiana (13 %, $\mu=-0.20$, $\sigma=1.20$). La Figura 5.351 representa su correspondiente CDF.

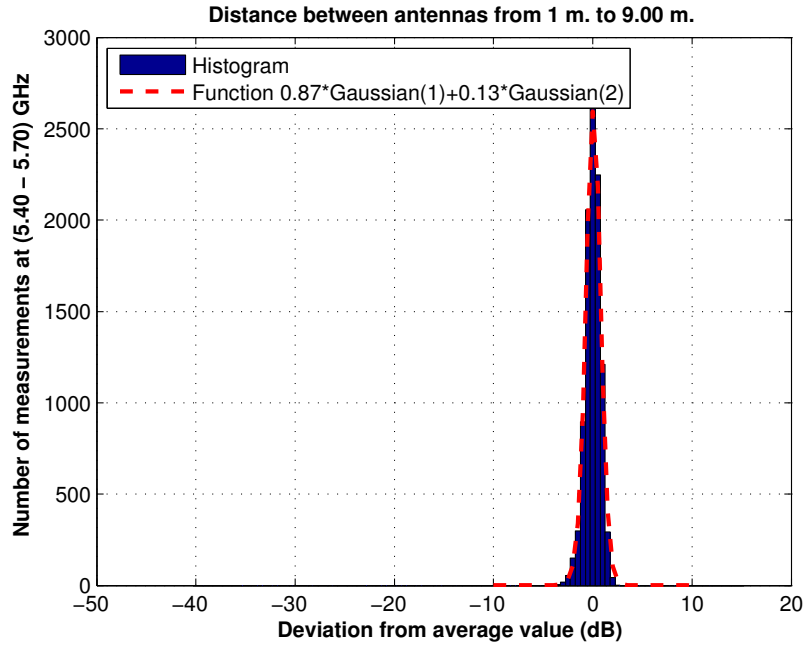


Figura 5.350: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

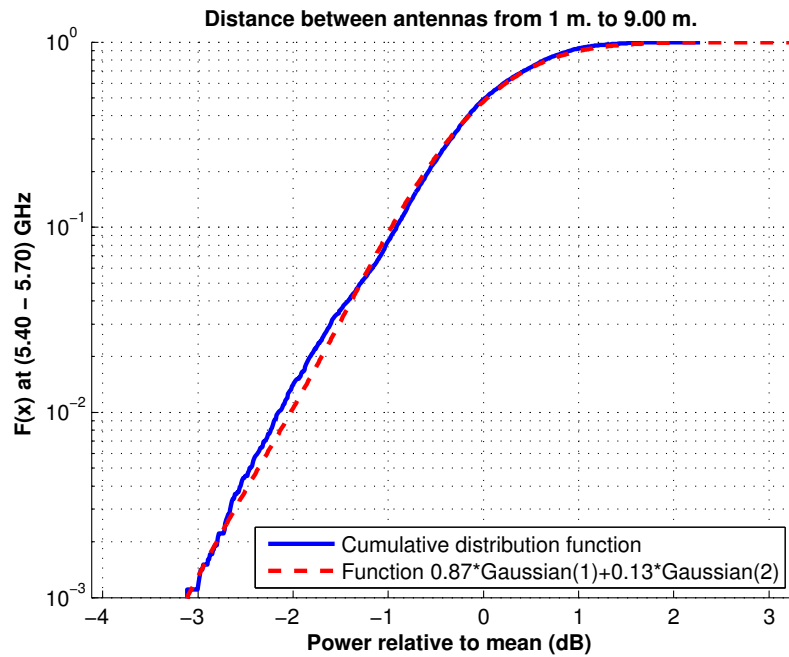


Figura 5.351: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.352 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (72 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.10$), otra Función Gaussiana (27 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (1 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.353 representa su correspondiente CDF.

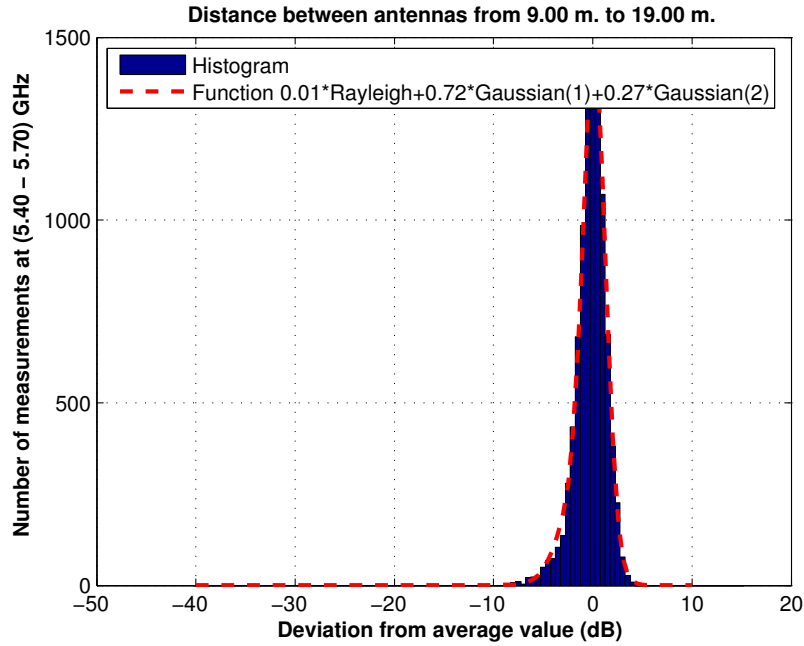


Figura 5.352: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

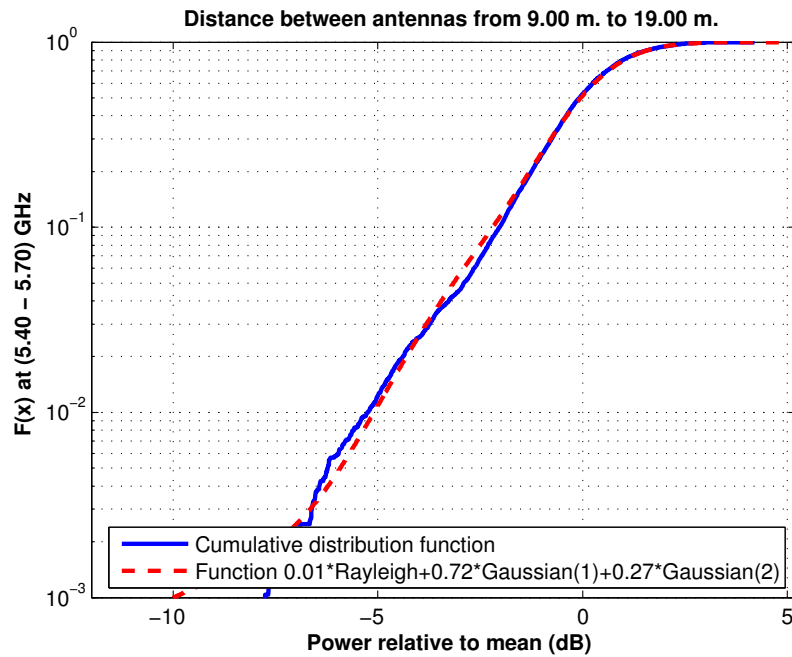


Figura 5.353: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.354 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

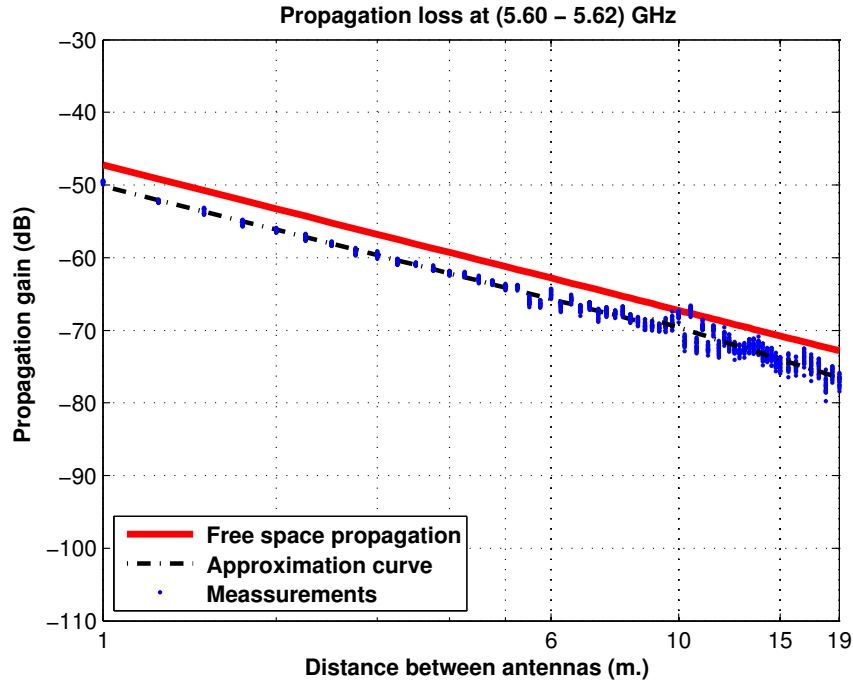


Figura 5.354: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,13 + 19,99 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,48 + 24,86 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.00$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.49$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.355 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (94 %, $\mu=0.07$, $\sigma=0.45$) y otra Función Gaussiana (6 %, $\mu=-1.15$, $\sigma=0.30$). La Figura 5.356 representa su correspondiente CDF.

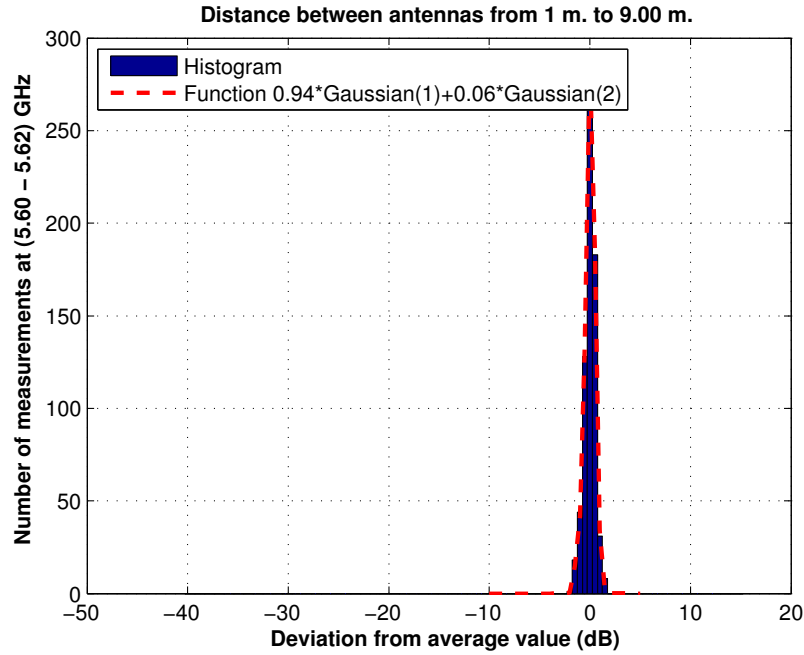


Figura 5.355: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

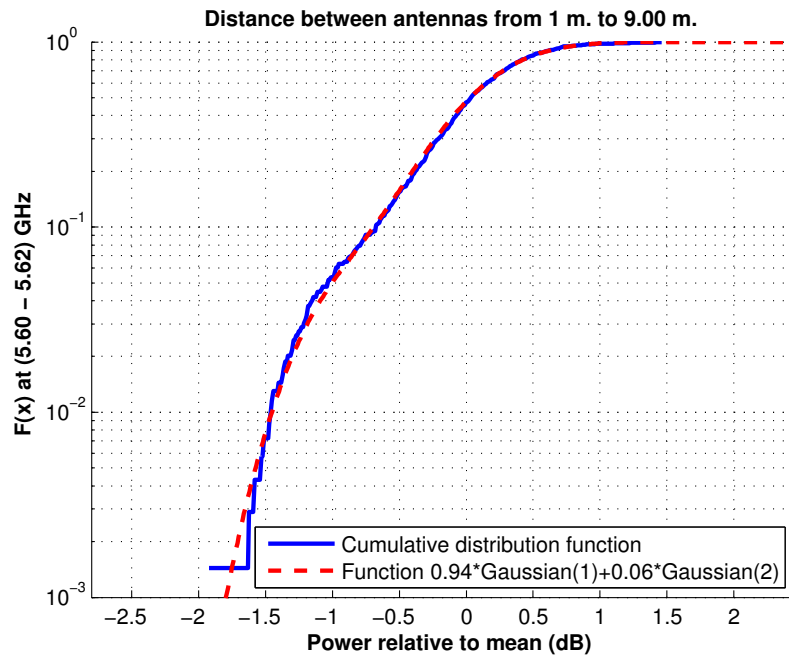


Figura 5.356: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.357 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=1.00$). La Figura 5.358 representa su correspondiente CDF.

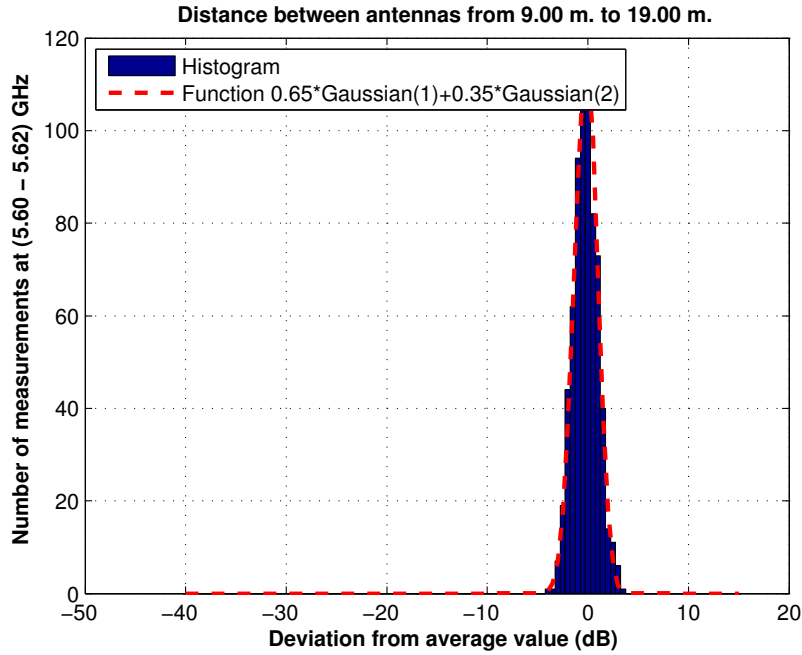


Figura 5.357: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

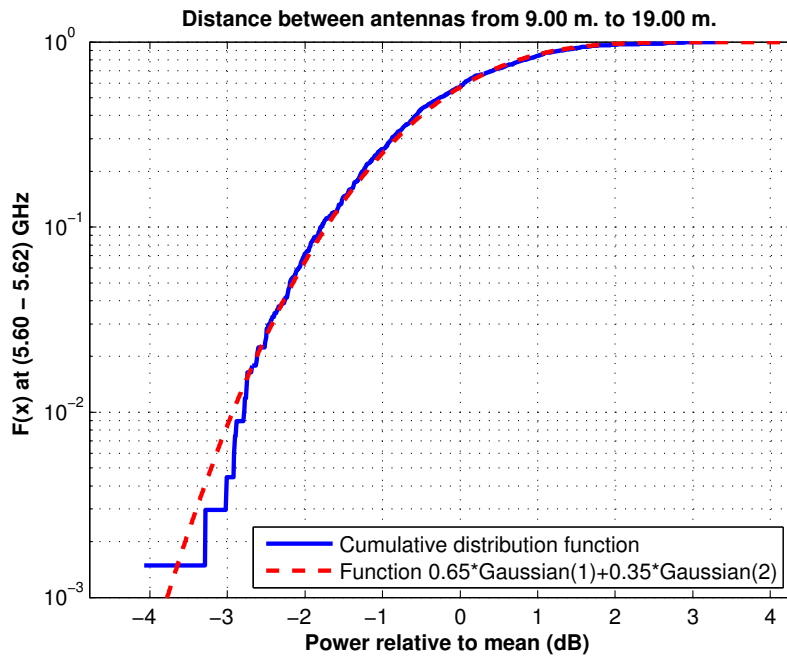


Figura 5.358: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.359 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

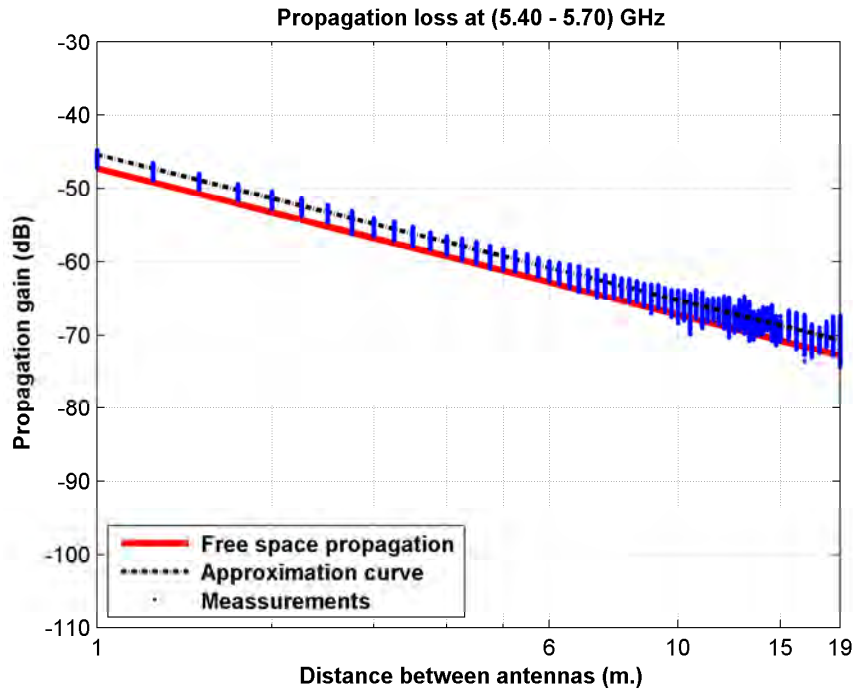


Figura 5.359: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,56 + 19,87 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 65,49 + 19,95 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.99$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.360 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (77 %, $\mu=0.25$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-0.75$, $\sigma=0.43$). La Figura 5.361 representa su correspondiente CDF.

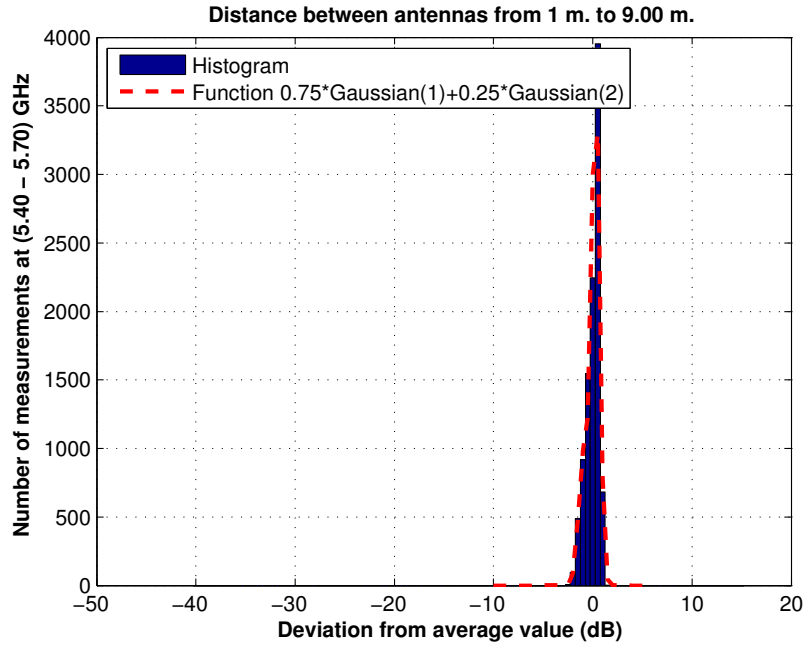


Figura 5.360: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

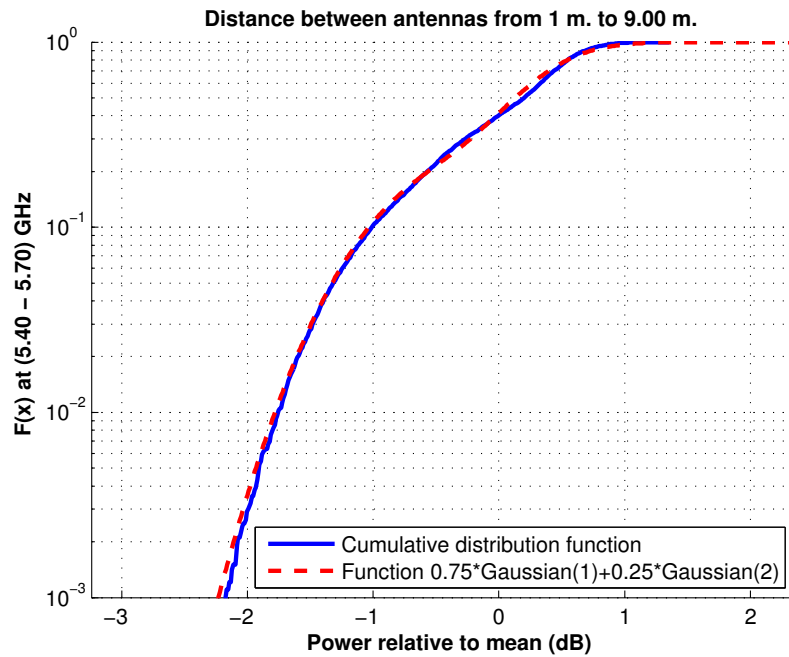


Figura 5.361: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.362 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=-0.15$, $\sigma=0.90$) y otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=1.40$). La Figura 5.363 representa su correspondiente CDF.

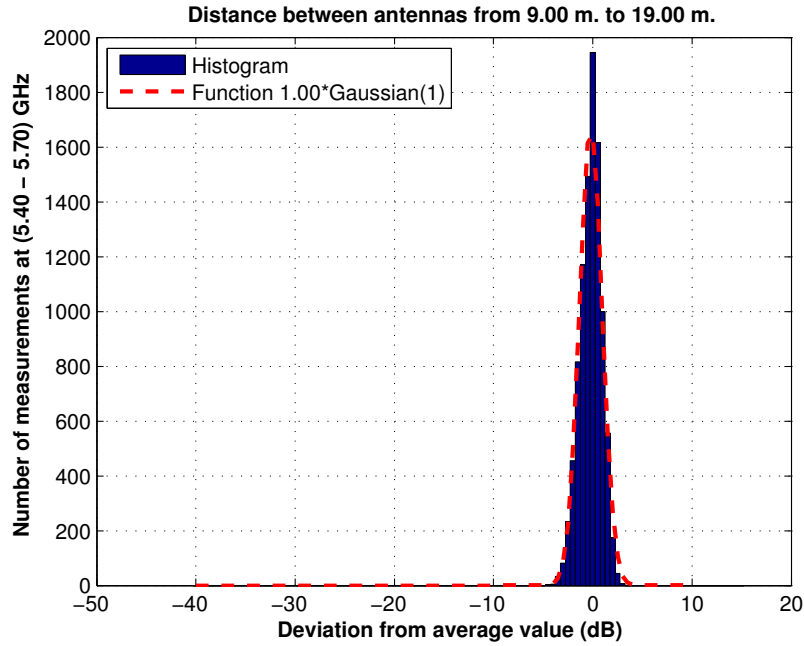


Figura 5.362: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

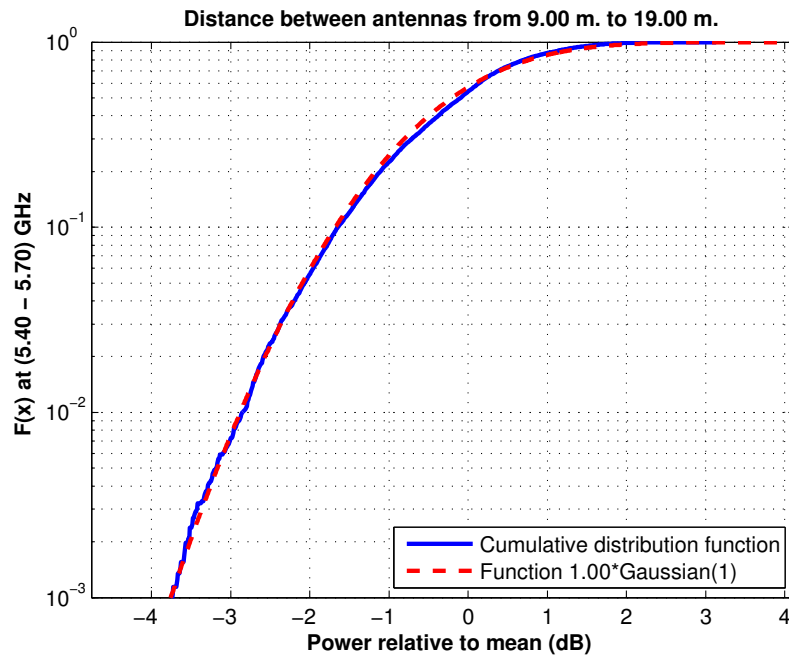


Figura 5.363: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.364 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

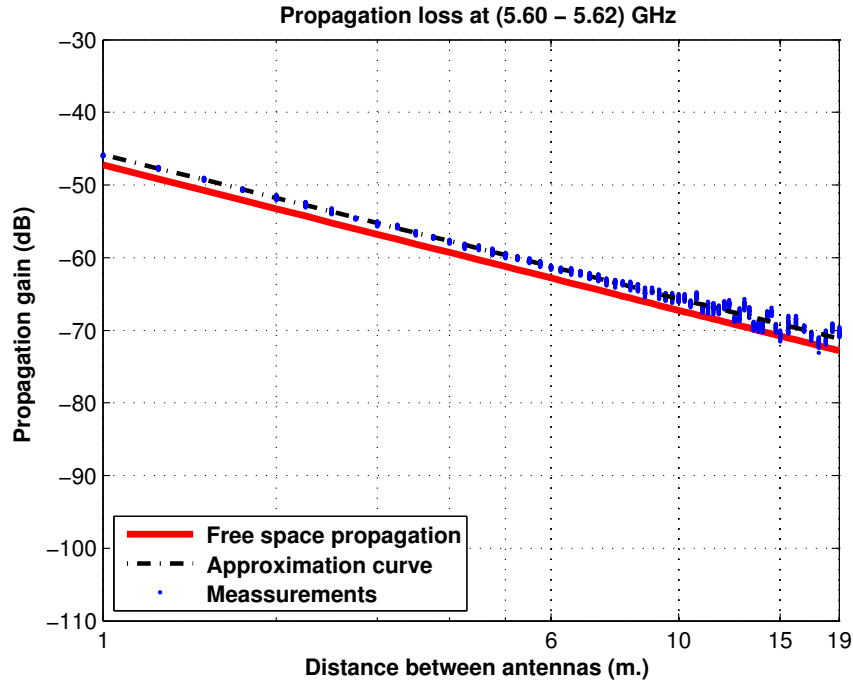


Figura 5.364: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,80 + 19,82 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 64,76 + 19,67 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.97$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.365 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.12$, $\sigma=0.20$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.10$, $\sigma=0.27$). La Figura 5.366 representa su correspondiente CDF.

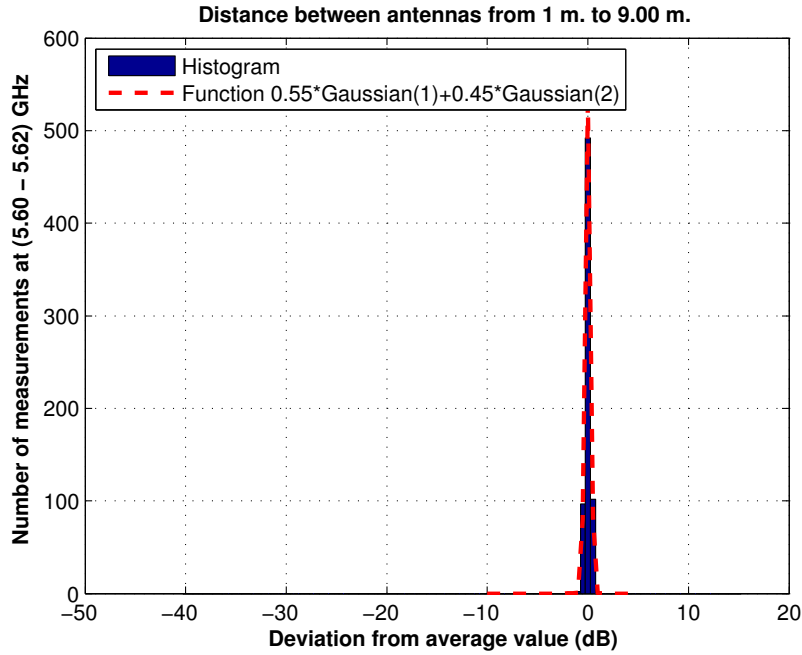


Figura 5.365: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

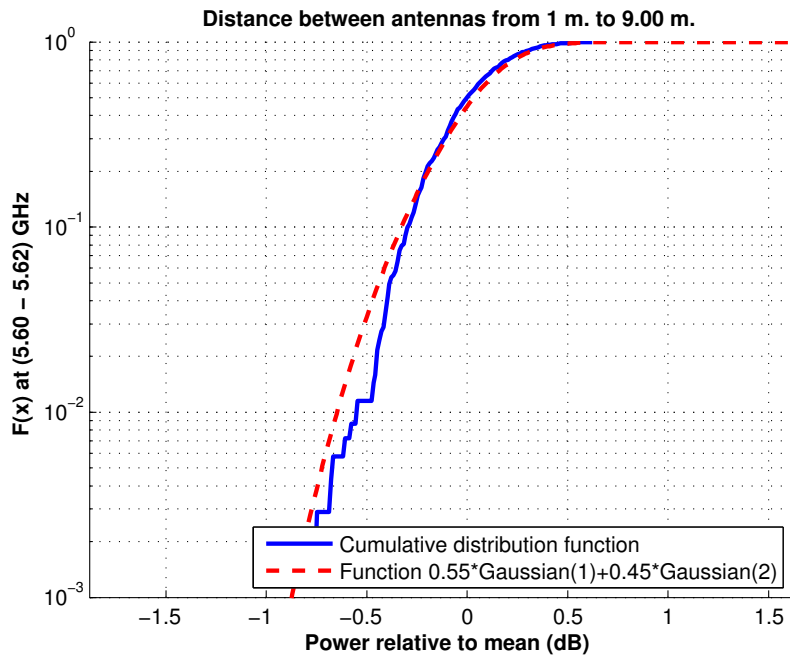


Figura 5.366: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.367 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.90$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.55$, $\sigma=0.73$). La Figura 5.368 representa su correspondiente CDF.

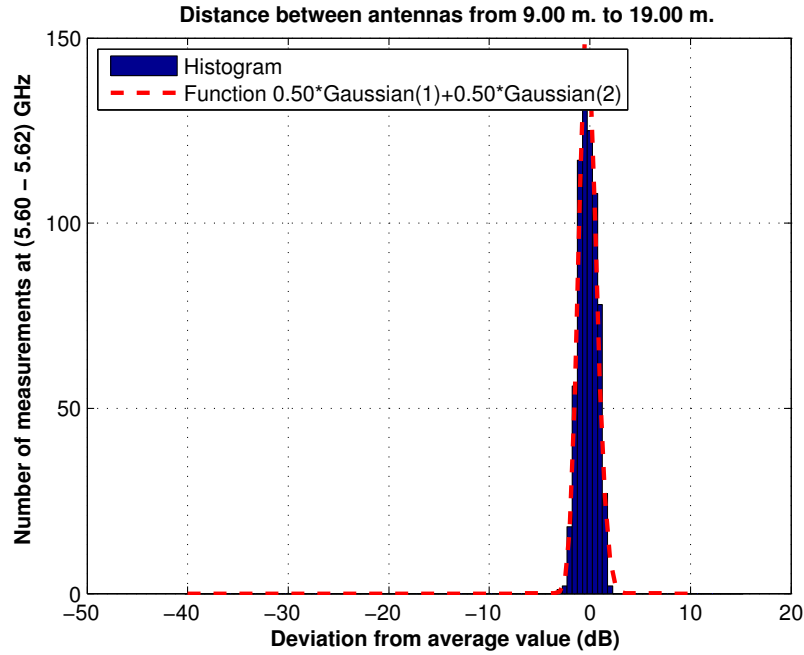


Figura 5.367: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

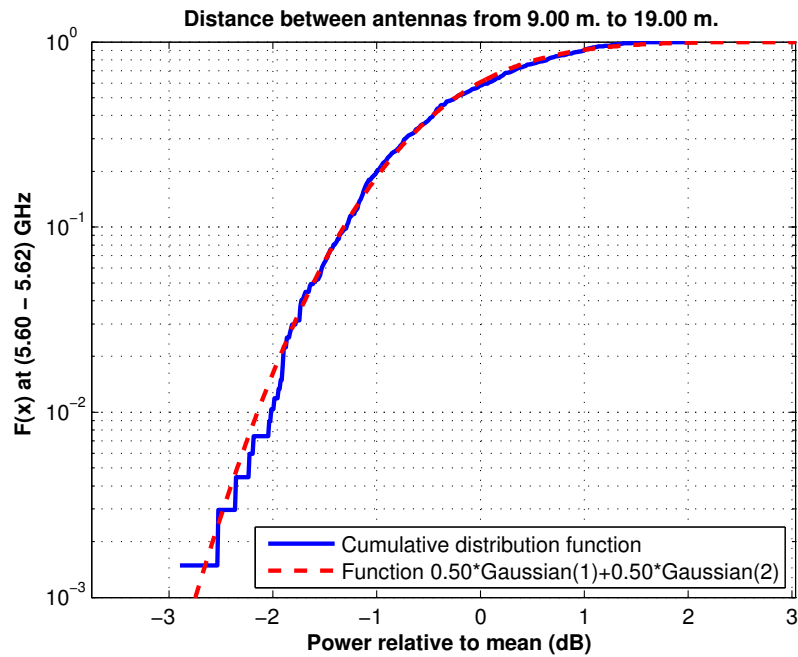


Figura 5.368: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.369 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

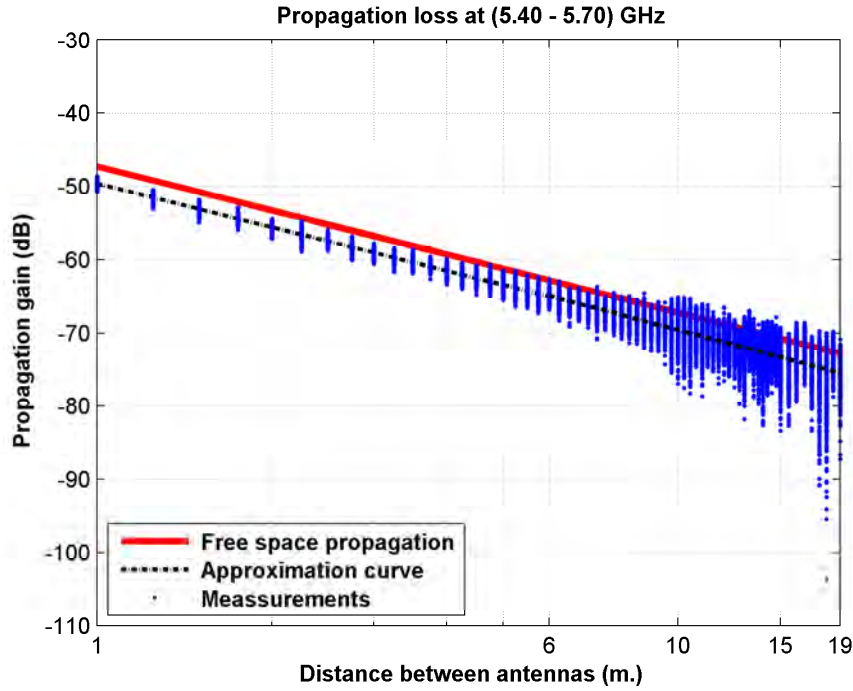


Figura 5.369: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,61 + 19,80 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,96 + 21,00 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.10$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.370 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.75$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.371 representa su correspondiente CDF.

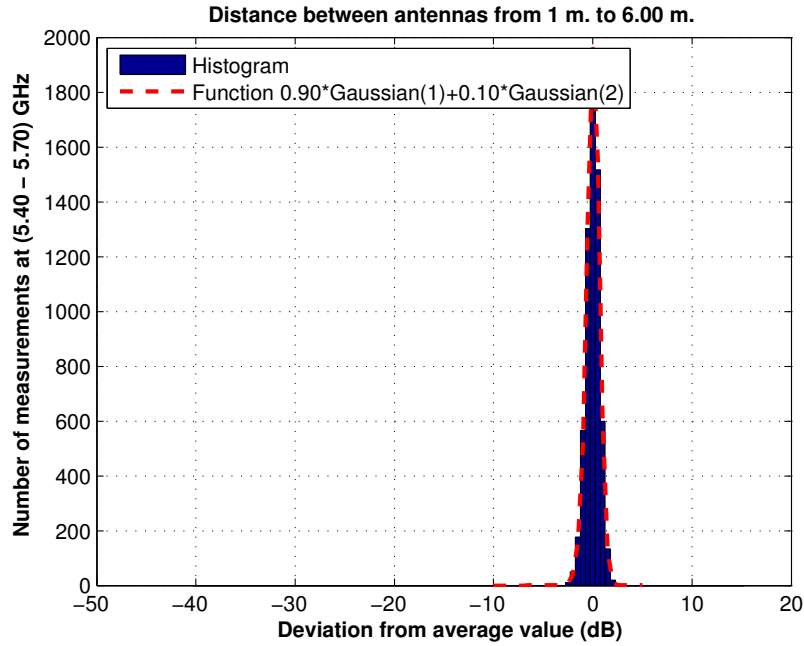


Figura 5.370: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

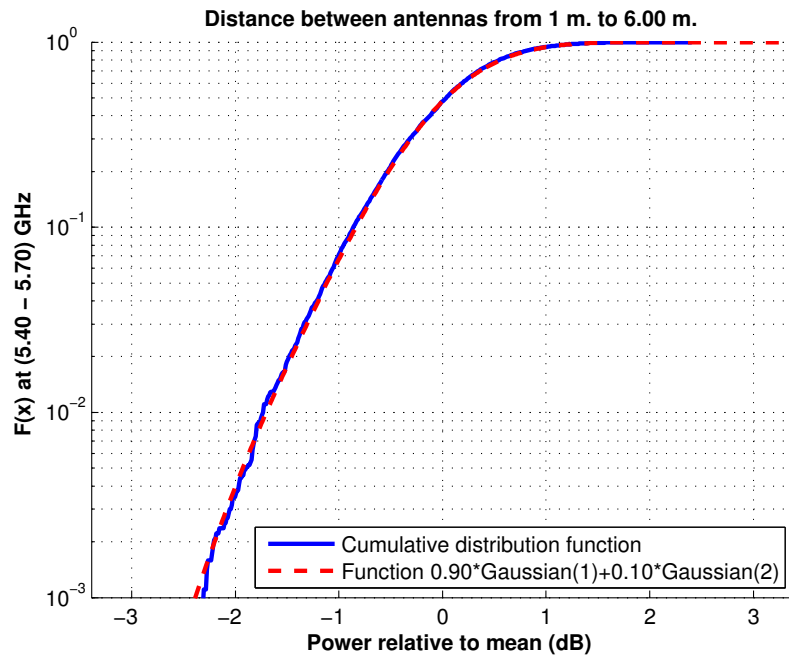


Figura 5.371: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.372 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (91 %, $\mu=0.15$, $\sigma=1.70$), otra Función Gaussiana (6 %, $\mu=-3.40$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (3 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.373 representa su correspondiente CDF.

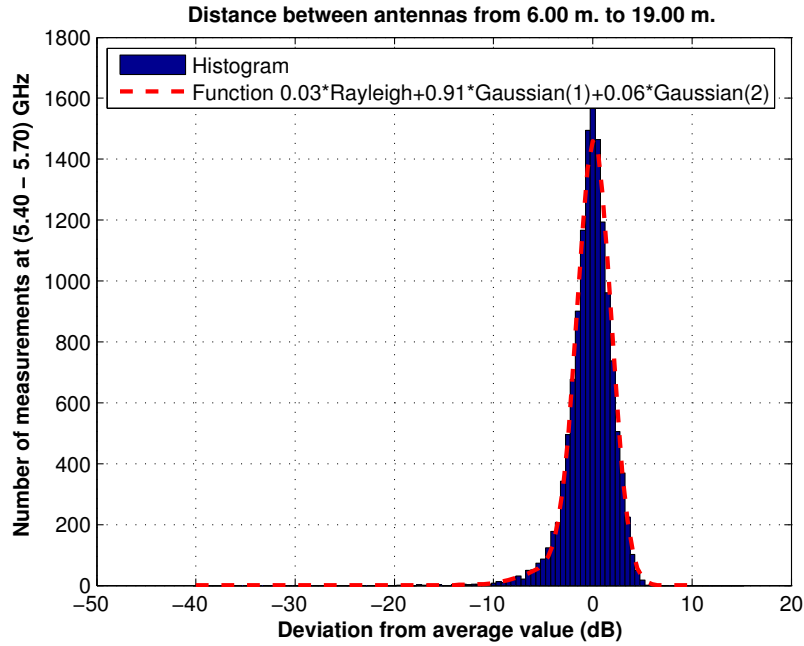


Figura 5.372: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

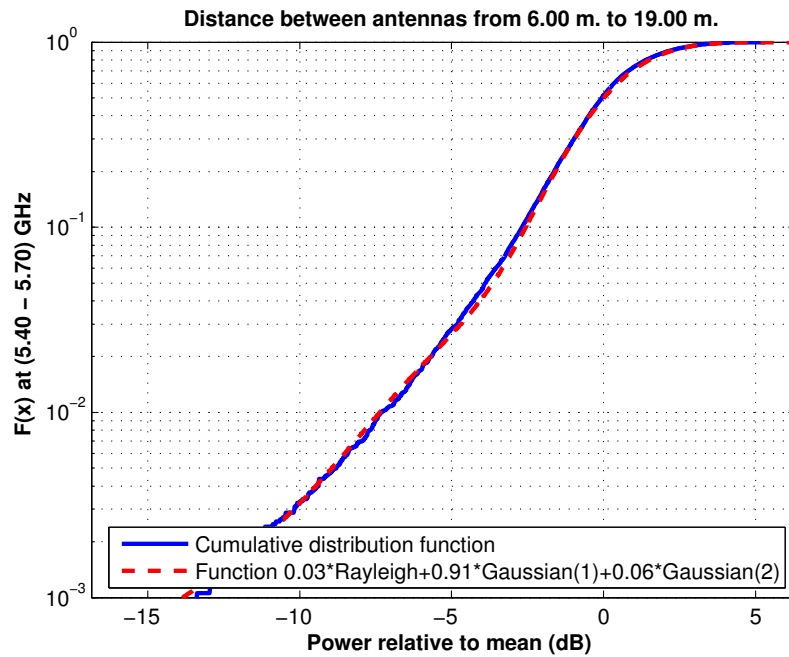


Figura 5.373: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.374 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

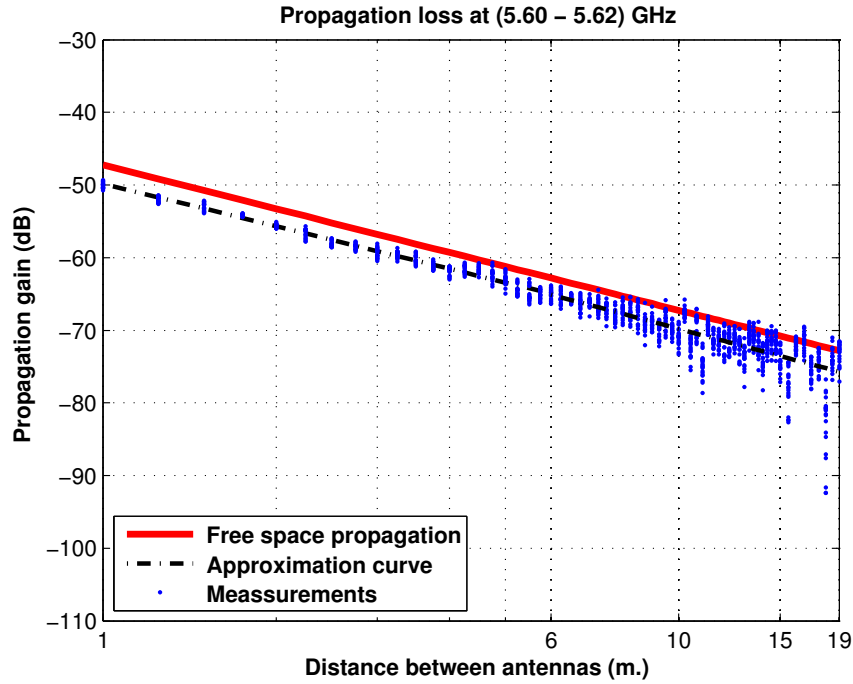


Figura 5.374: Pérdidas de propagación en el pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,82 + 19,48 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,09 + 21,22 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.95$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.12$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.375 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.75$). La Figura 5.376 representa su correspondiente CDF.

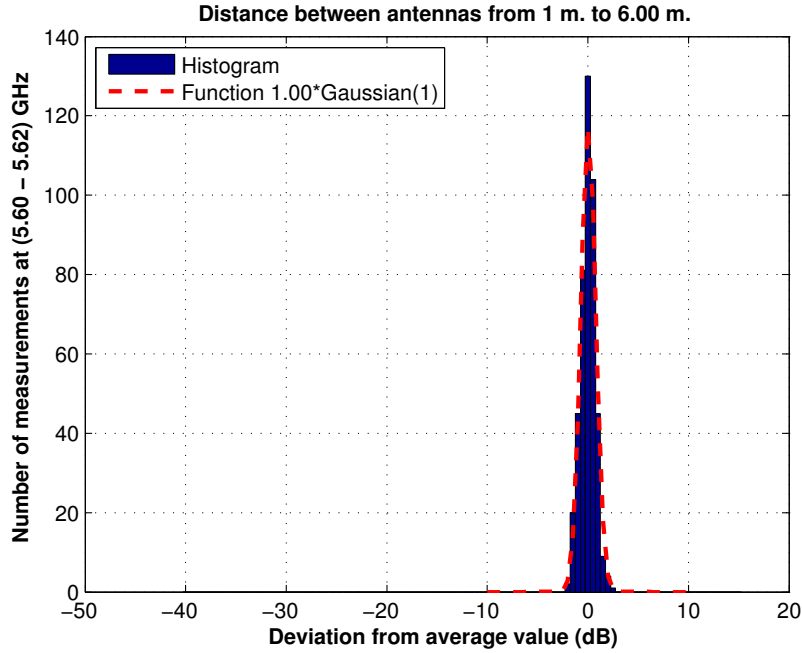


Figura 5.375: Histograma 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

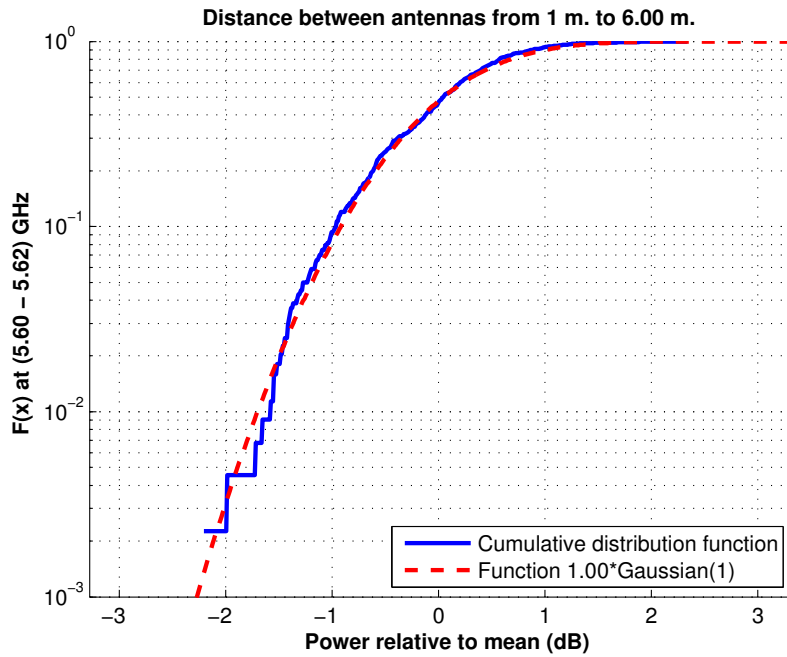


Figura 5.376: CDF 1 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.377 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.22$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-4.00$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (6 %, $\sigma=0.60$). La Figura 5.378 representa su correspondiente CDF.

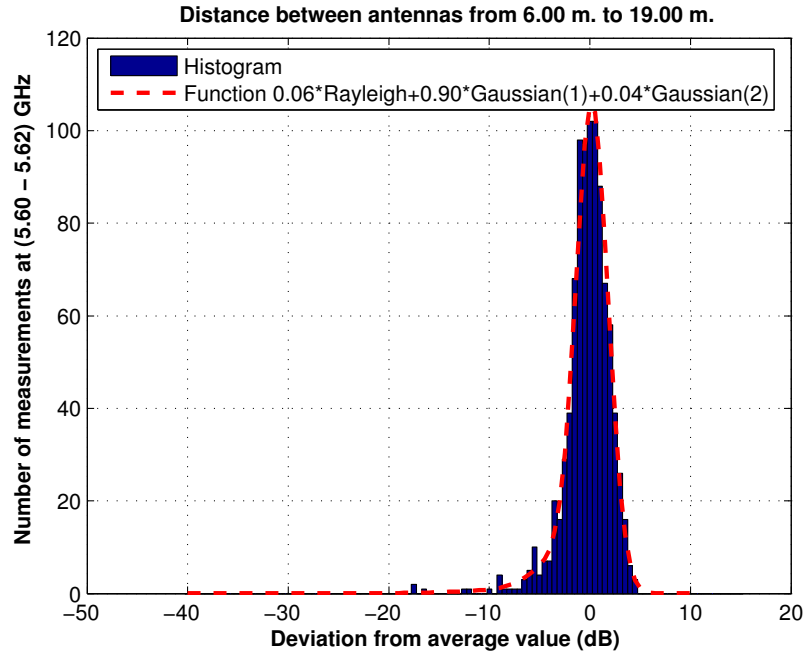


Figura 5.377: Histograma 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

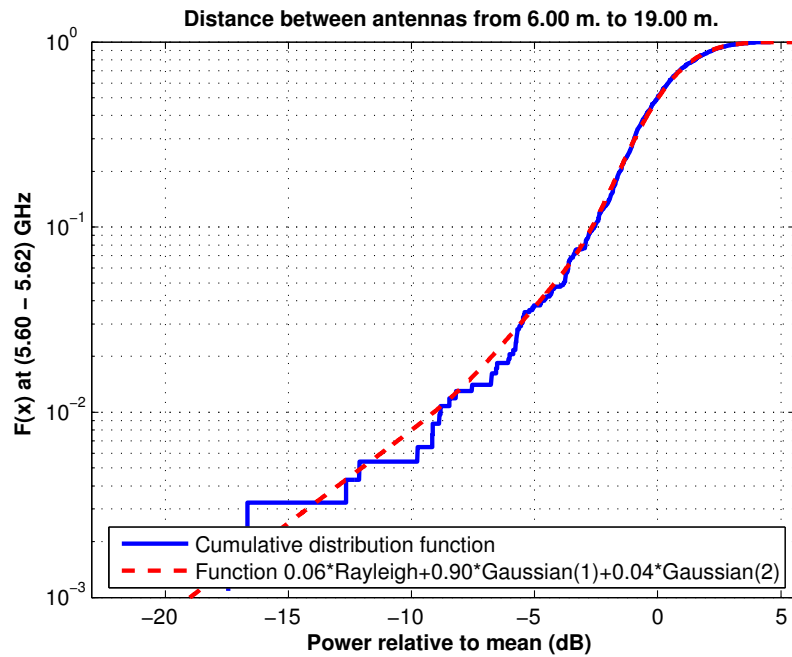


Figura 5.378: CDF 2 en pasillo central de la Planta Baja, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

5.2.2. Escenario 13: Pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A

Entorno: Pasillo con taquillas, Planta 3 del Edificio A. Las taquillas metálicas están representadas en rojo, mientras que en azul se representa el espacio libre que queda en el centro del edificio.

Objetivo: Ver el efecto de las taquillas en la propagación de la señal.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

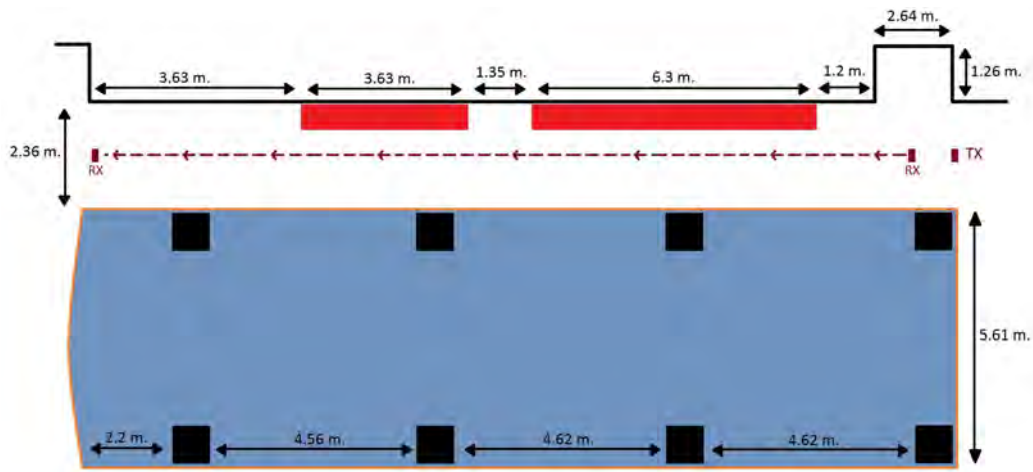


Figura 5.379: Plano del pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A



Figura 5.380: Foto del pasillo con taquillas, Planta 3, Edificio A

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.381 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

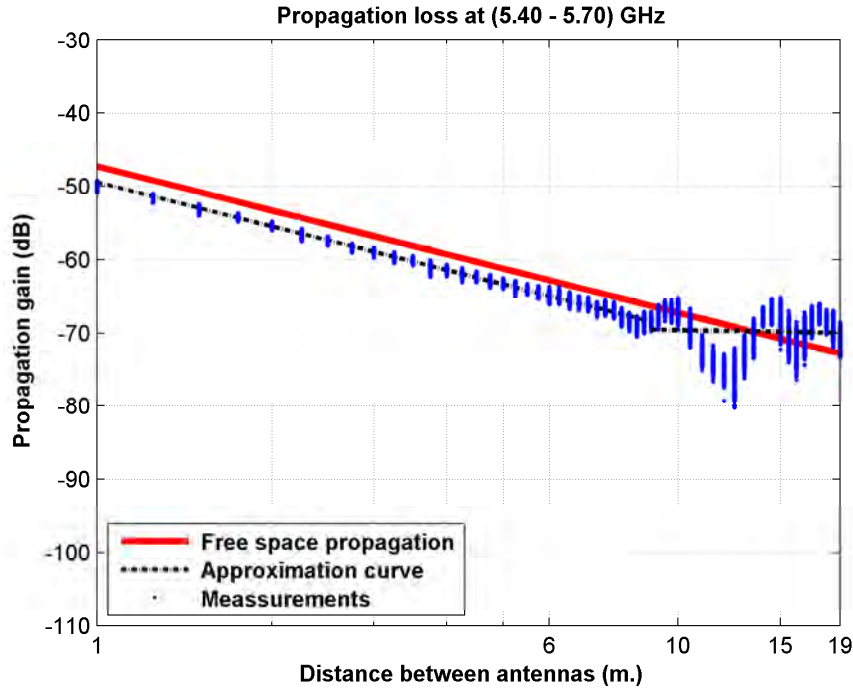


Figura 5.381: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,41 + 19,97 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,55 + 1,30 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.00$ es igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.13$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.382 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.07$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.75$, $\sigma=0.52$). La Figura 5.383 representa su correspondiente CDF.

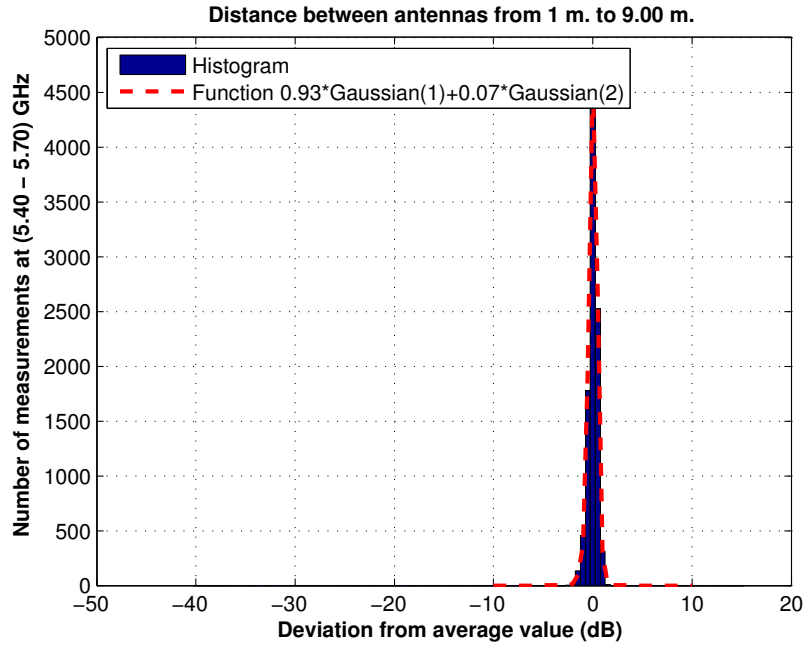


Figura 5.382: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

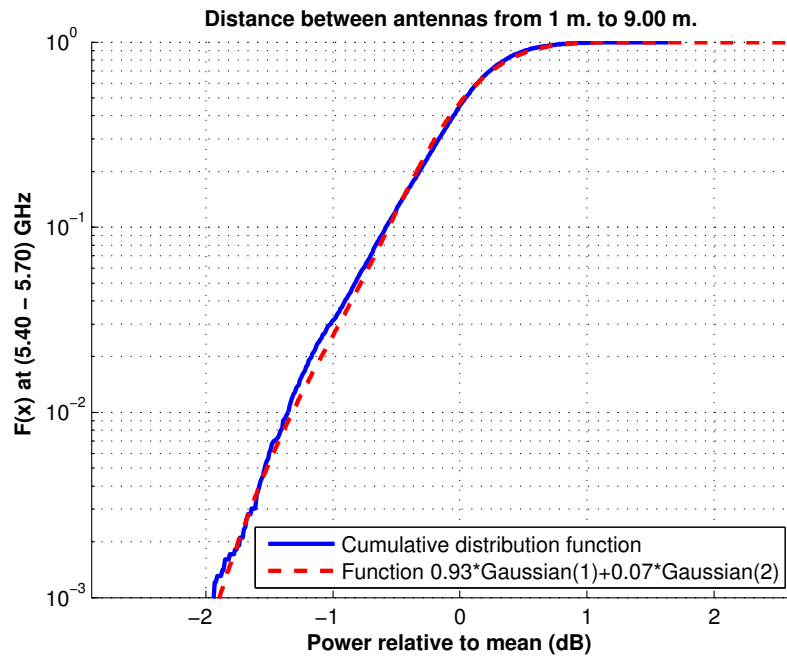


Figura 5.383: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.384 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=2.20$, $\sigma=1.20$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-2.70$, $\sigma=2.50$). La Figura 5.385 representa su correspondiente CDF.

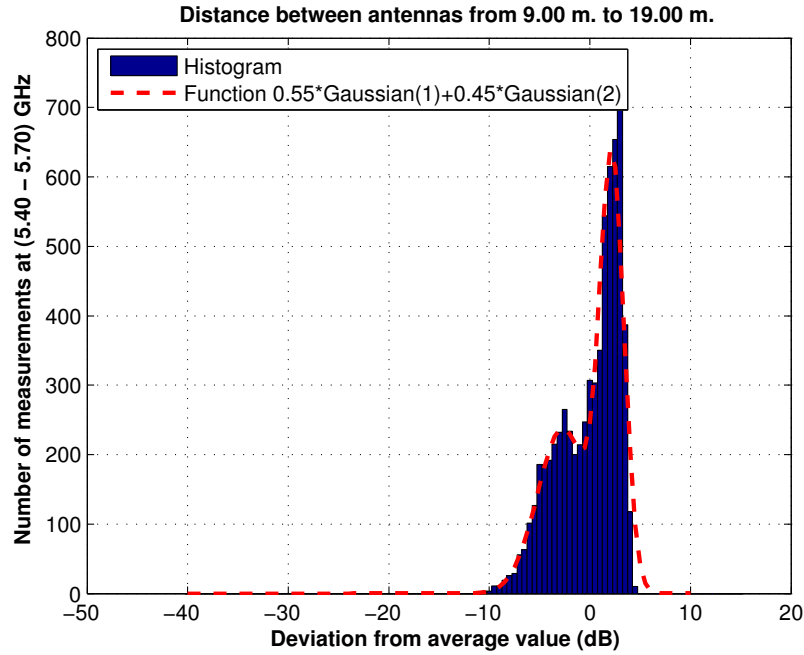


Figura 5.384: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

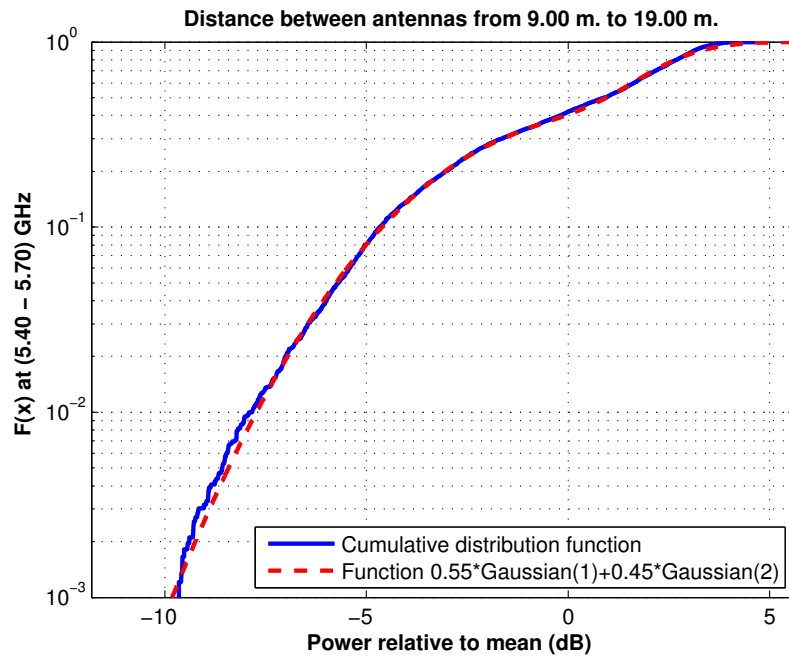


Figura 5.385: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.386 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

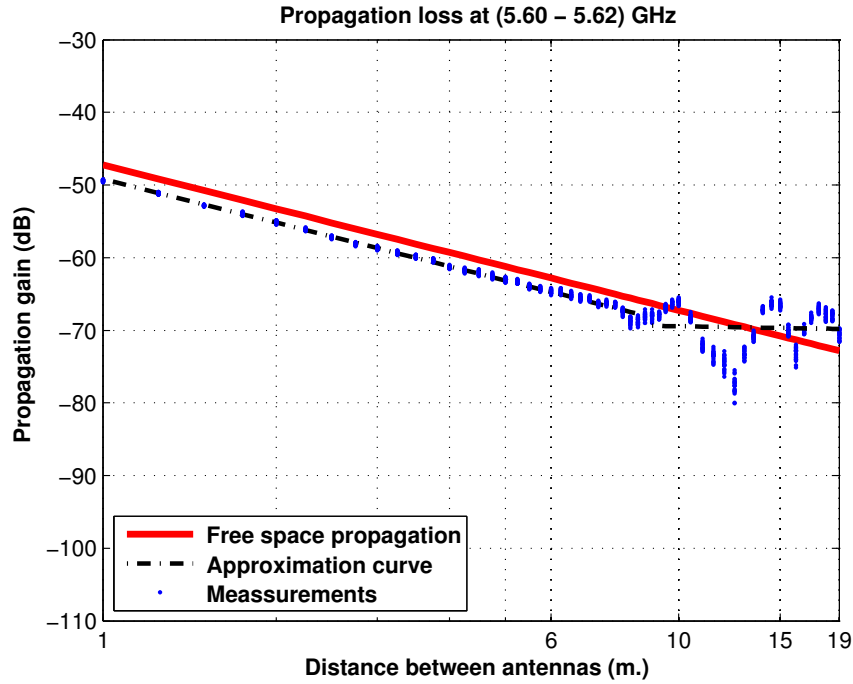


Figura 5.386: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,17 + 19,97 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,38 + 1,29 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.00$ es igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.13$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.387 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.33$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.78$, $\sigma=0.67$). La Figura 5.388 representa su correspondiente CDF.

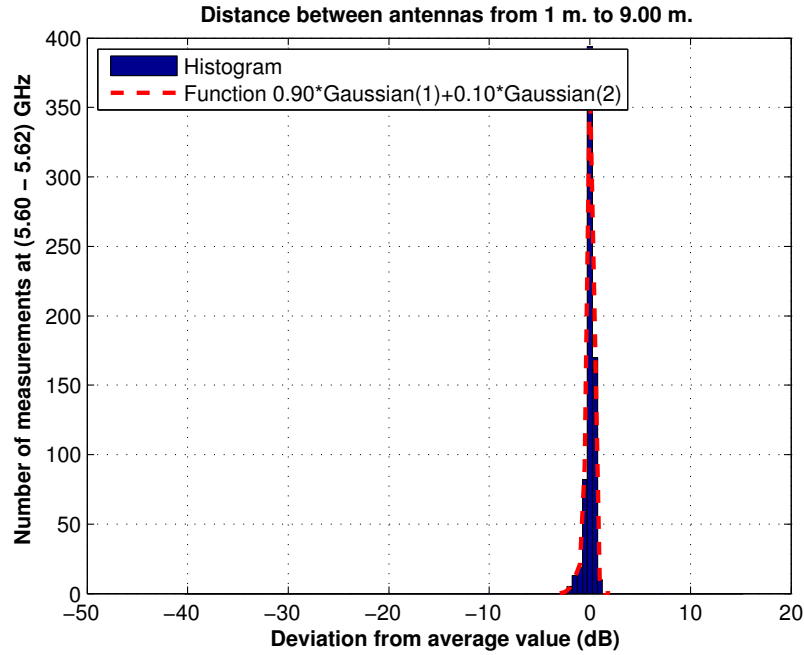


Figura 5.387: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

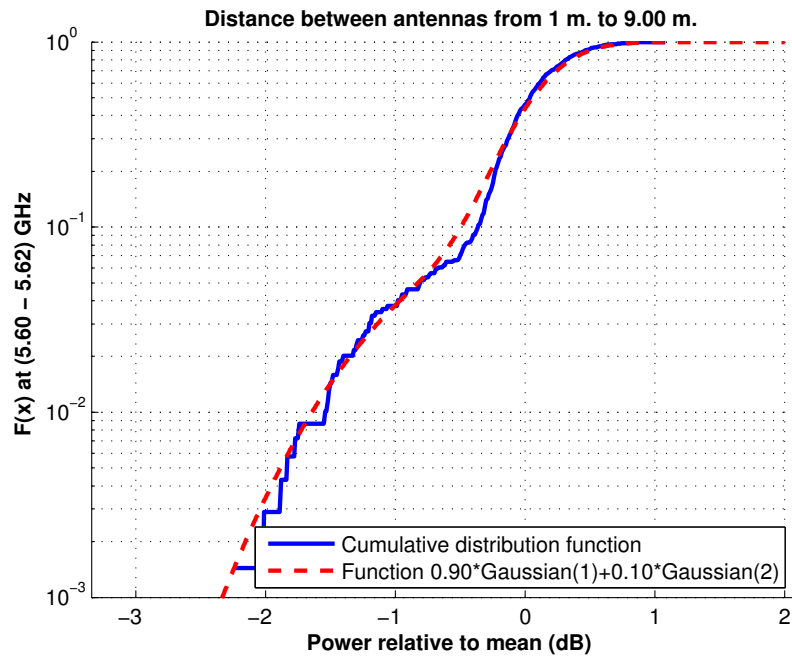


Figura 5.388: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.389 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=2.50$, $\sigma=1.00$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-2.50$, $\sigma=2.40$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=1.50$). La Figura 5.390 representa su correspondiente CDF.

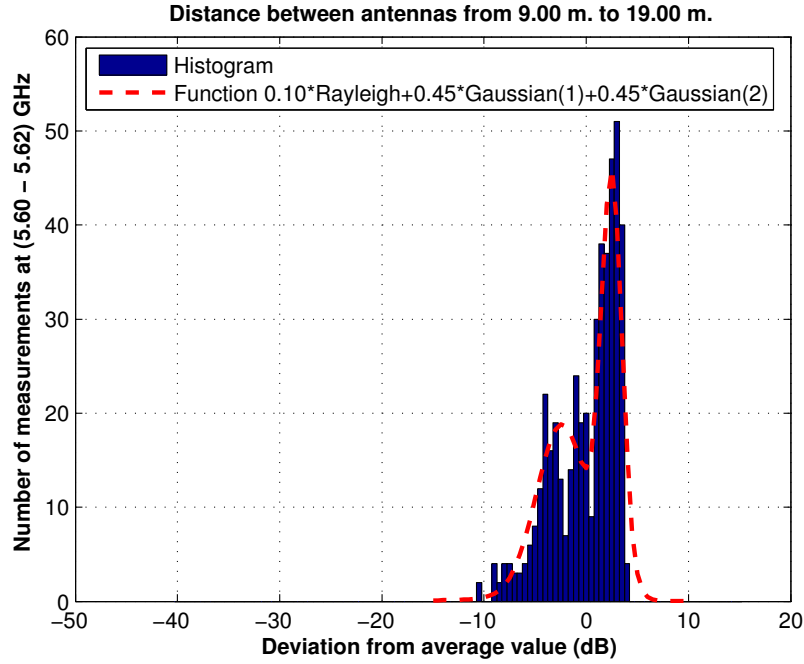


Figura 5.389: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

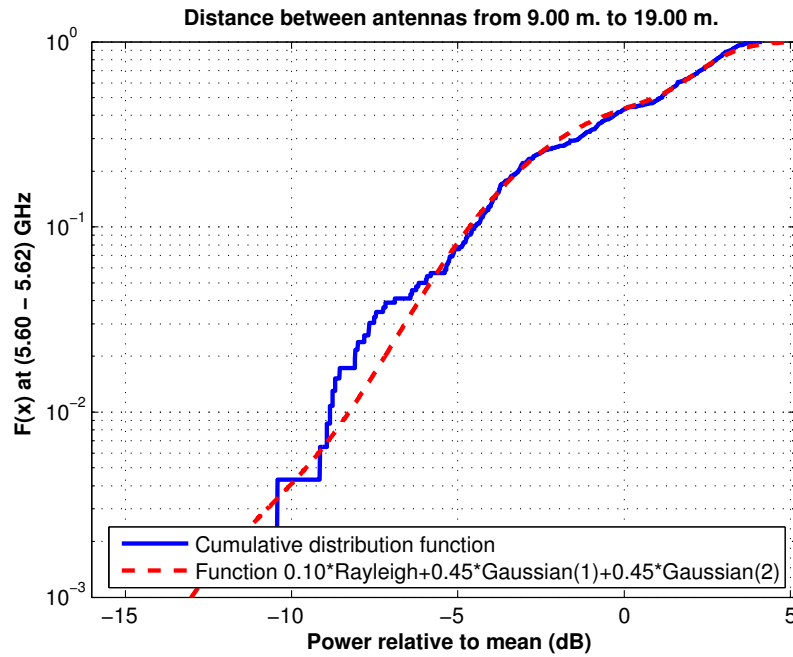


Figura 5.390: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.391 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

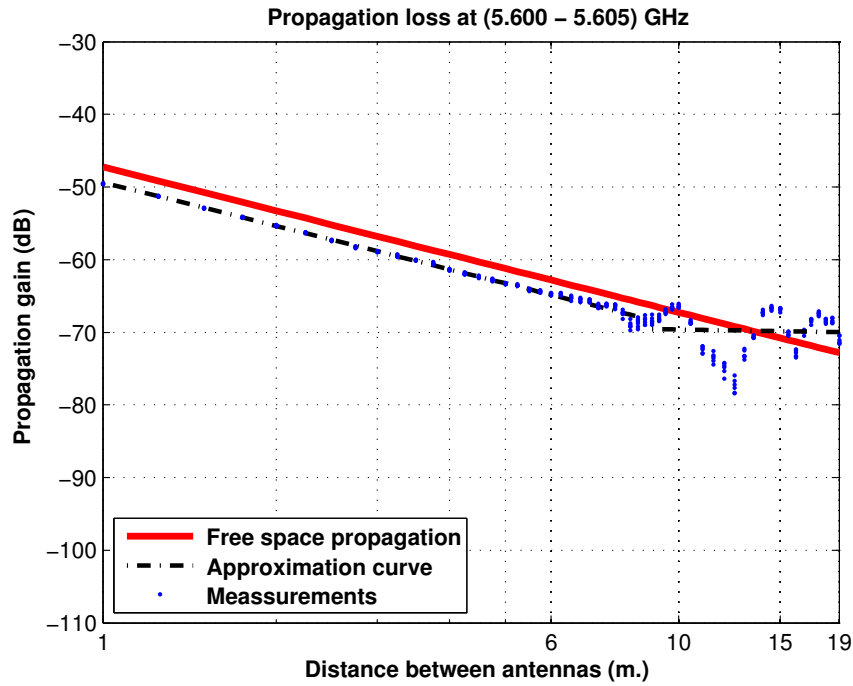


Figura 5.391: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,37 + 19,89 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,57 + 1,29 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.13$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.392 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.24$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.393 representa su correspondiente CDF.

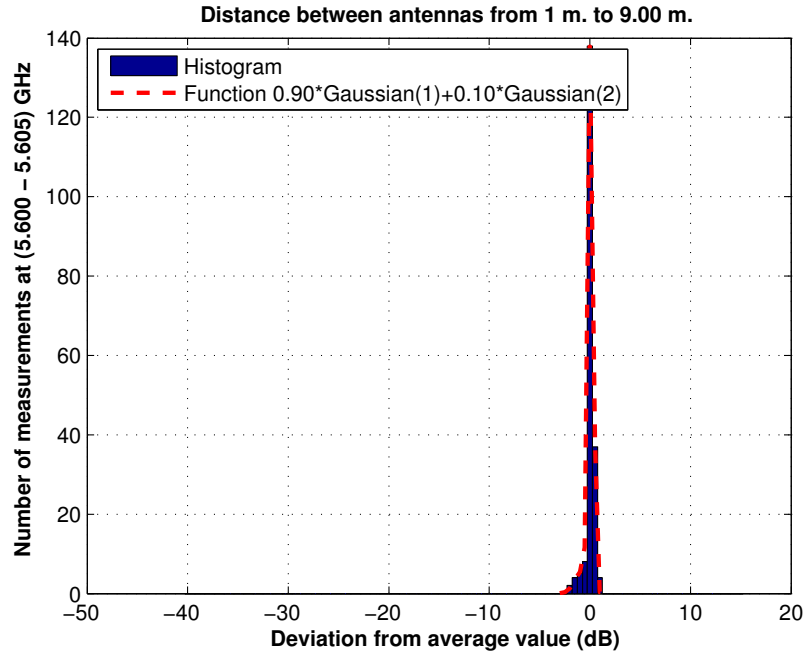


Figura 5.392: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

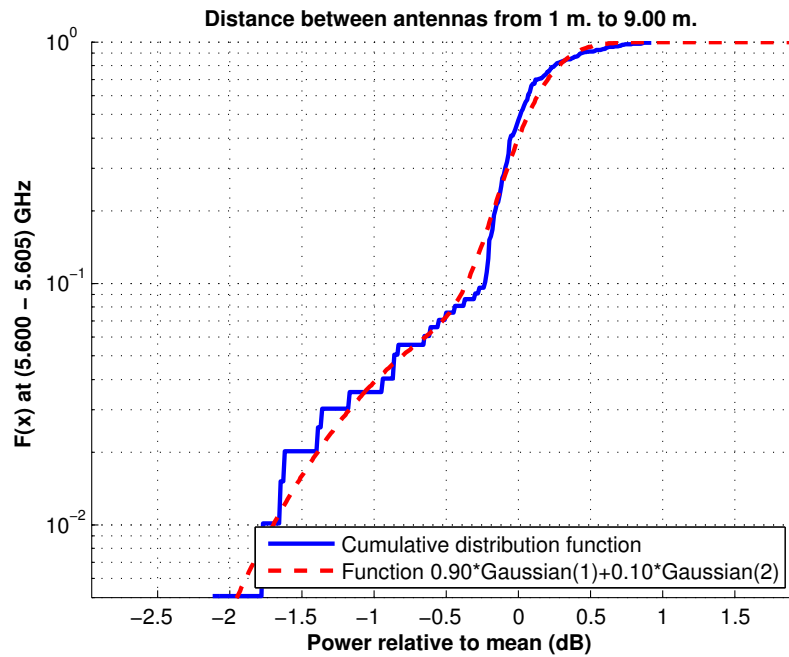


Figura 5.393: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.394 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=2.50$, $\sigma=0.80$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-2.50$, $\sigma=2.40$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=1.50$). La Figura 5.395 representa su correspondiente CDF.

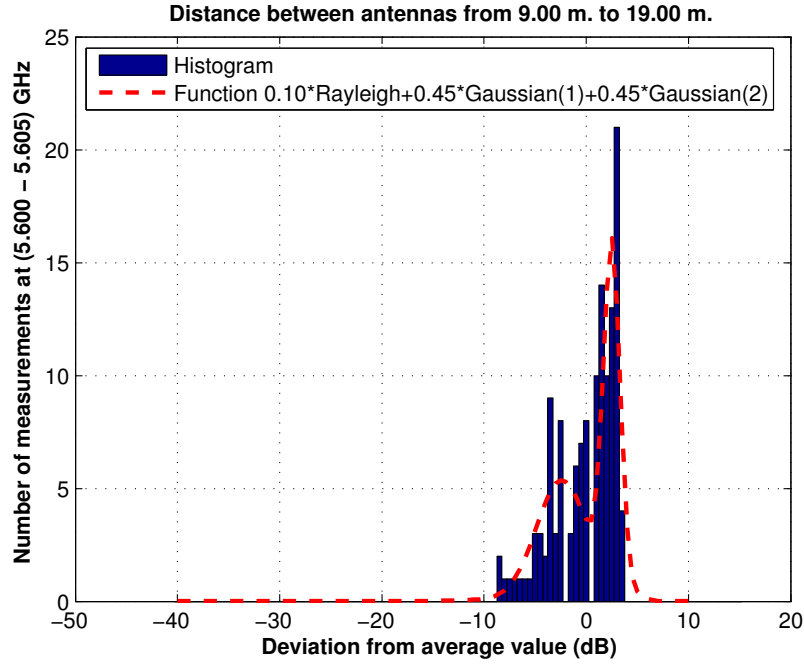


Figura 5.394: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

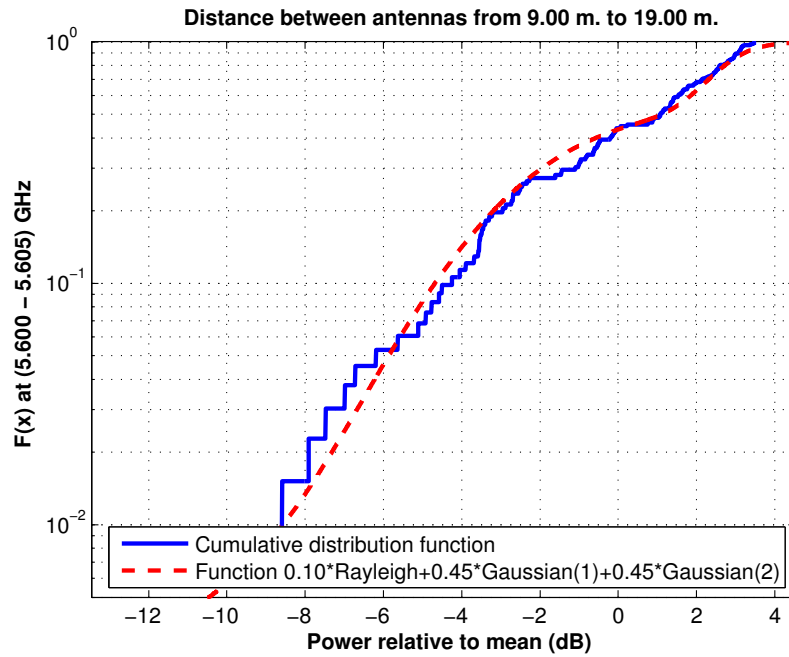


Figura 5.395: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.396 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

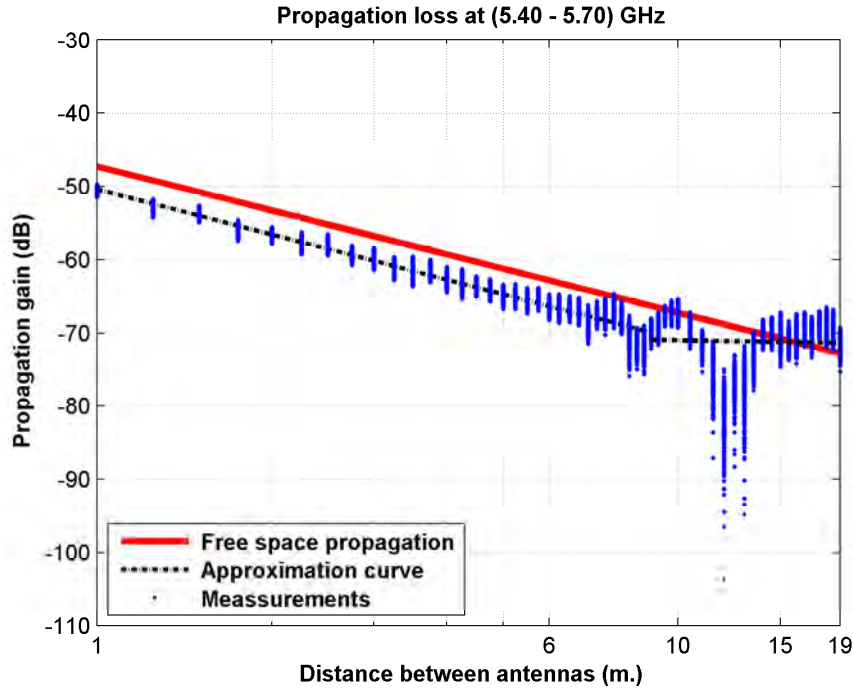


Figura 5.396: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,39 + 20,52 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,93 + 1,31 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.05$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.13$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.397 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.80$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-1.10$, $\sigma=1.70$). La Figura 5.398 representa su correspondiente CDF.

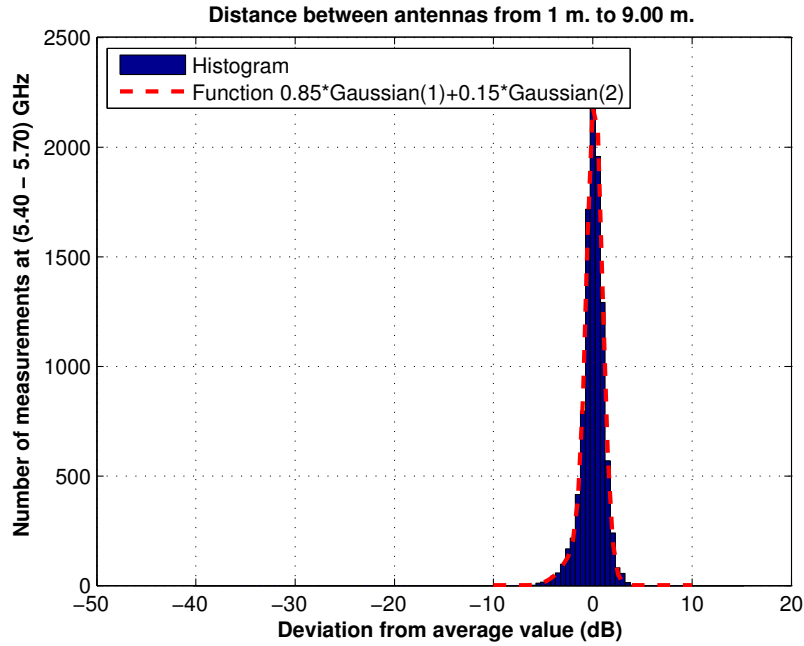


Figura 5.397: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

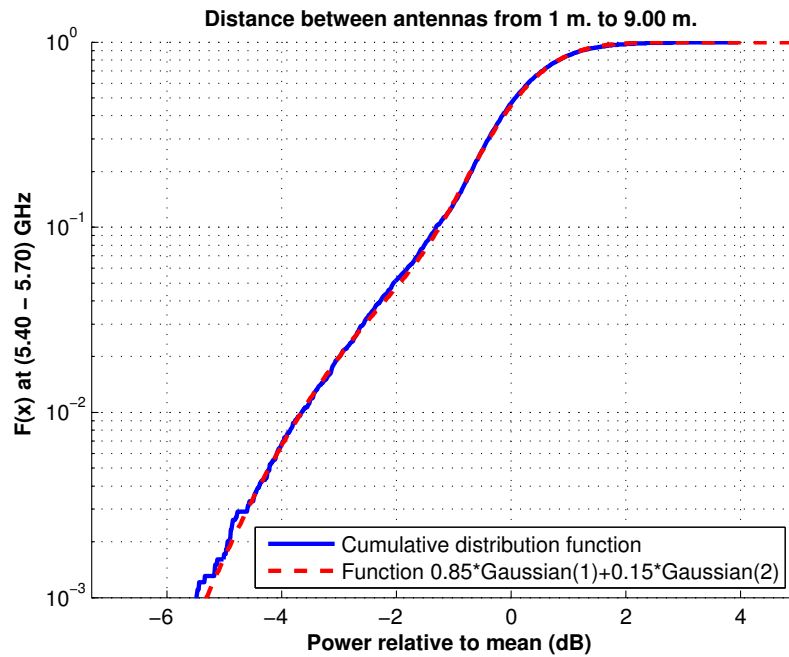


Figura 5.398: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.399 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (82 %, $\mu=1.70$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (8 %, $\mu=-6.50$, $\sigma=1.80$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=0.30$). La Figura 5.400 representa su correspondiente CDF.

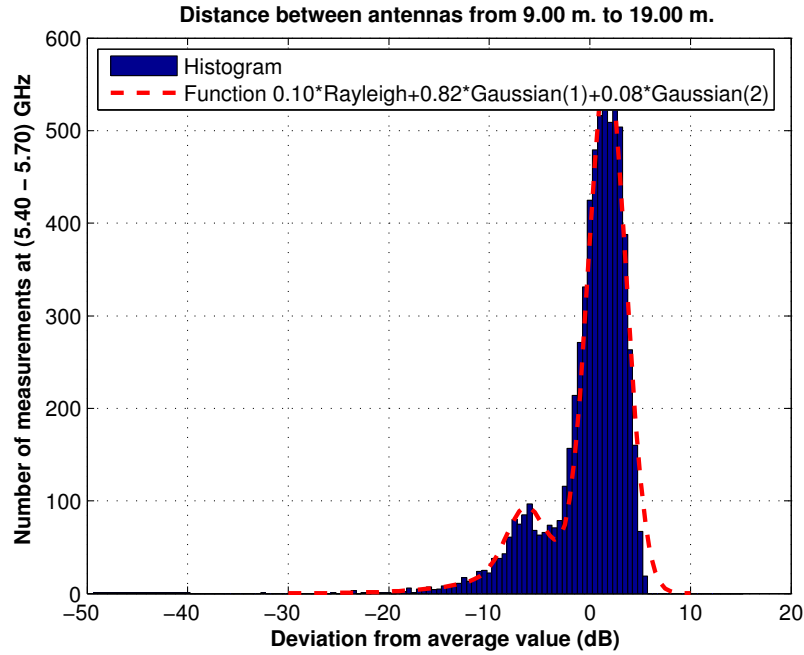


Figura 5.399: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

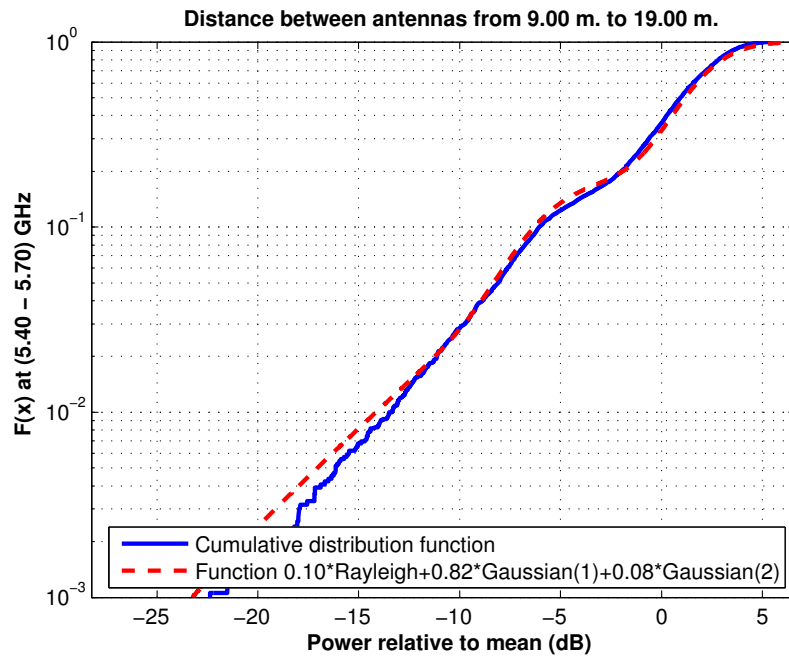


Figura 5.400: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.401 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

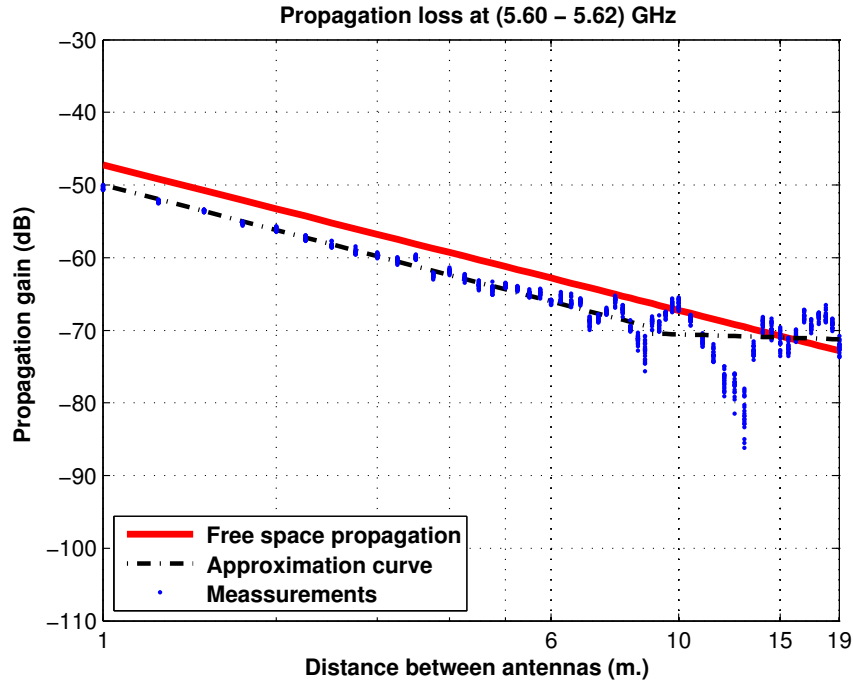


Figura 5.401: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,97 + 20,60 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,45 + 2,40 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.06$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.24$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.402 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (91 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.70$) y otra Función Gaussiana (9 %, $\mu=-1.90$, $\sigma=1.80$). La Figura 5.403 representa su correspondiente CDF.

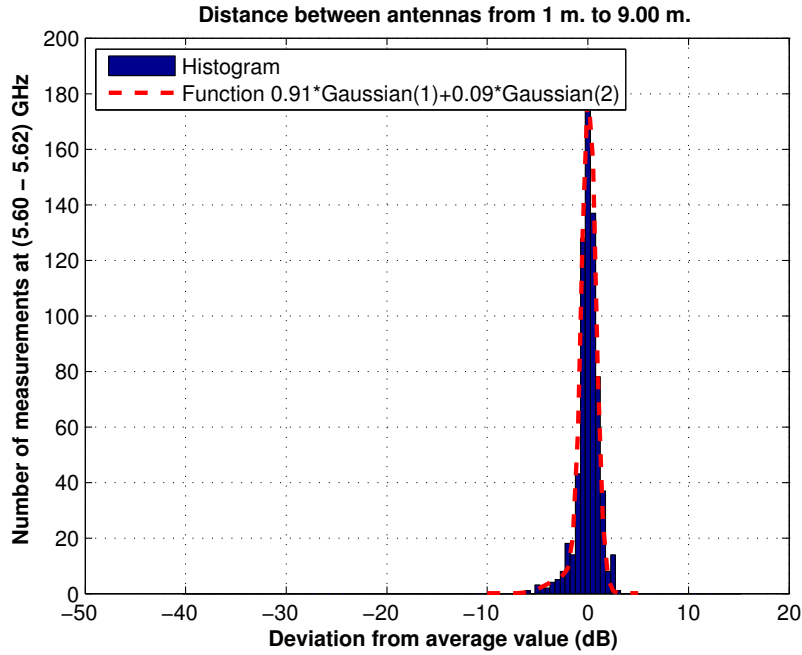


Figura 5.402: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

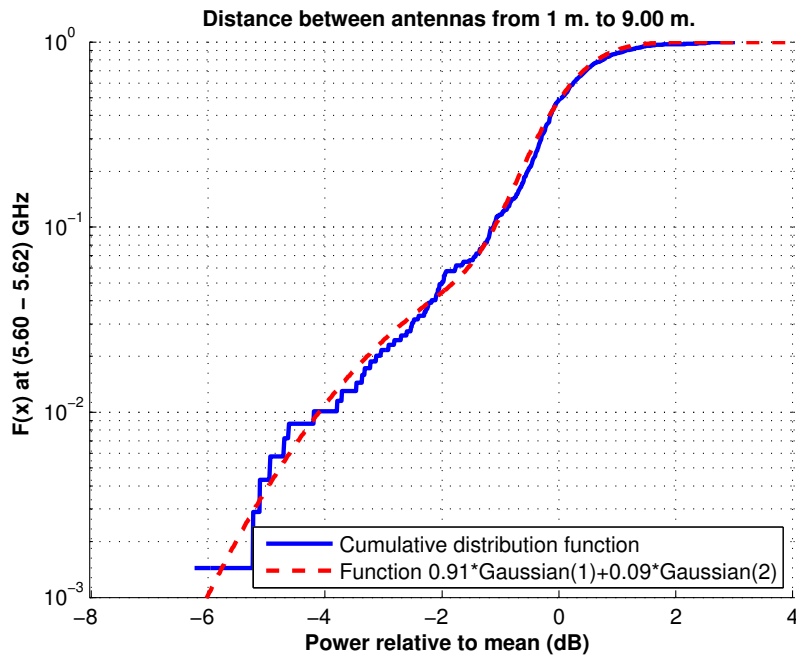


Figura 5.403: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.404 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.00$, $\sigma=1.20$), otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=0.00$, $\sigma=1.70$) y una Función Rayleigh (20 %, $\sigma=0.40$). La Figura 5.405 representa su correspondiente CDF.

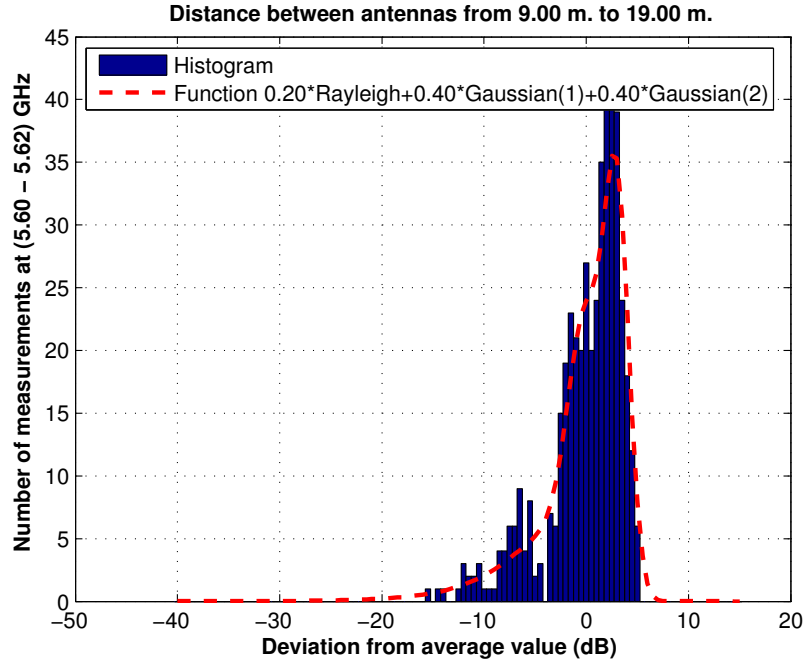


Figura 5.404: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

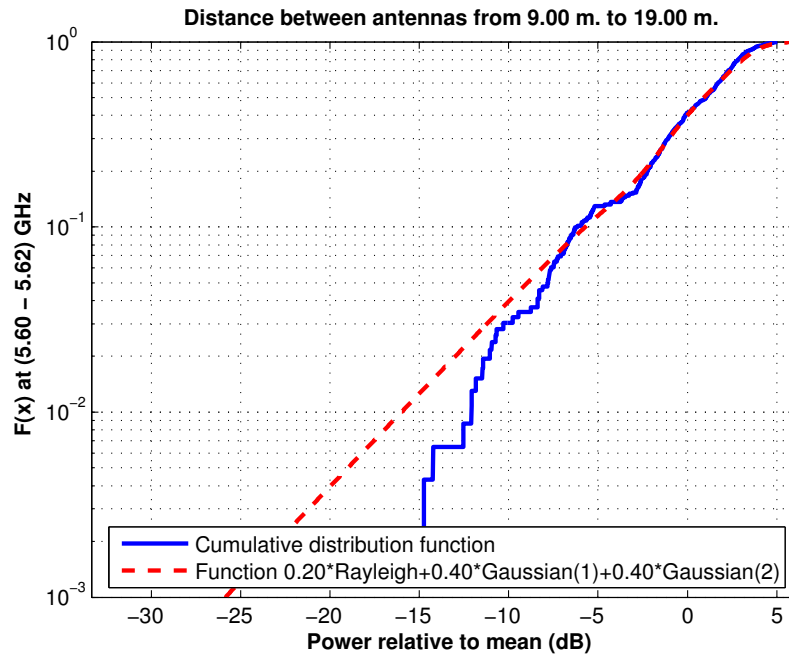


Figura 5.405: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.406 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

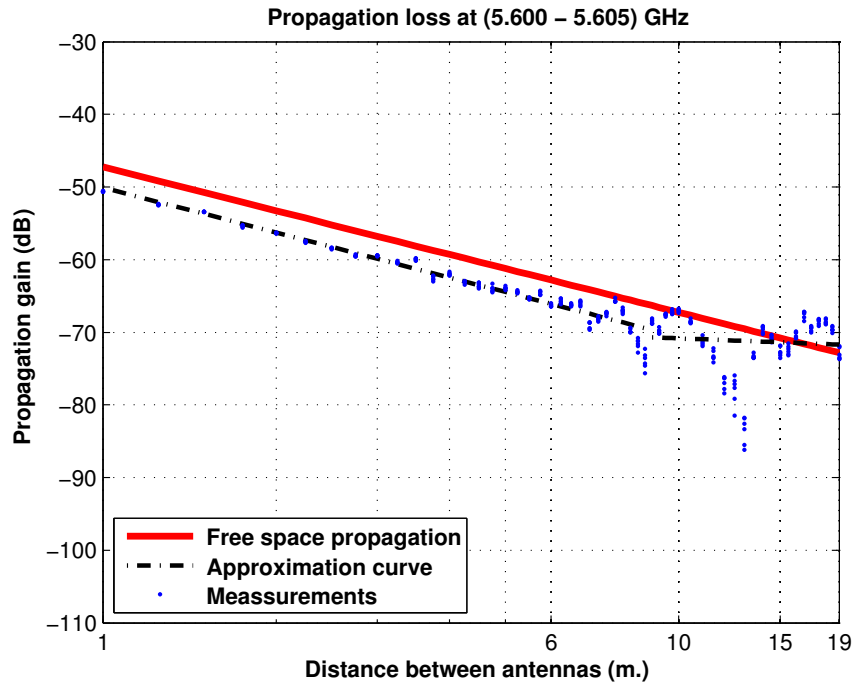


Figura 5.406: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,07 + 20,56 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,70 + 3,02 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.06$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.30$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.407 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (88 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.70$) y otra Función Gaussiana (12 %, $\mu=-1.90$, $\sigma=2.10$). La Figura 5.408 representa su correspondiente CDF.

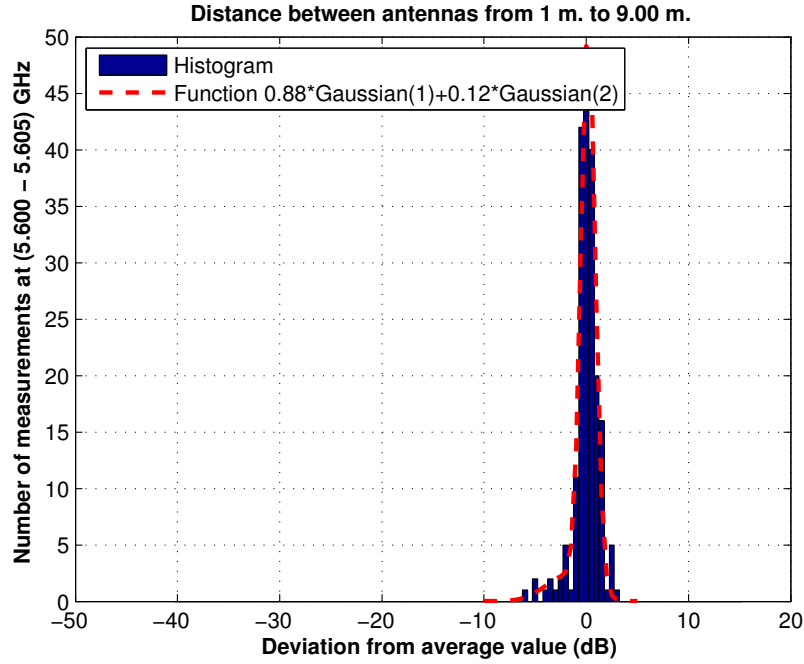


Figura 5.407: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

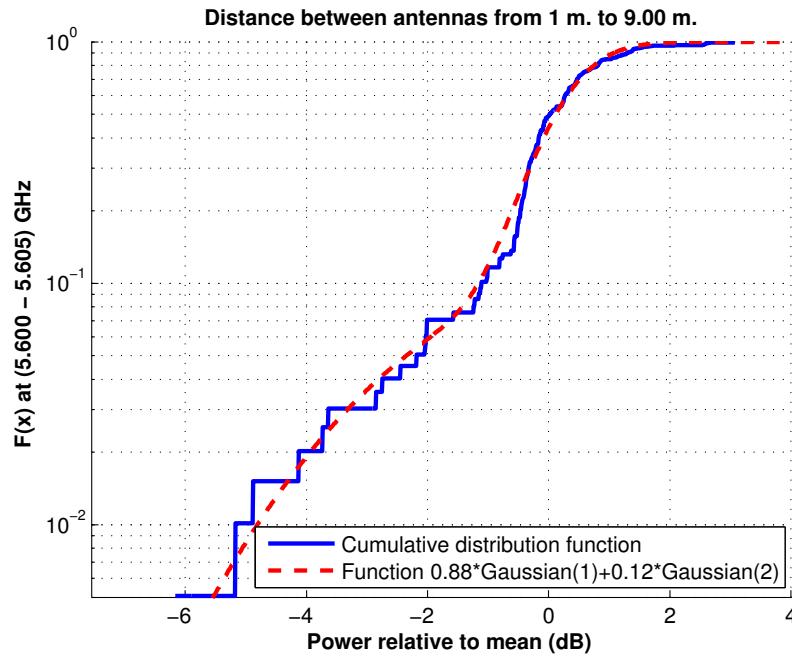


Figura 5.408: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.409 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.00$, $\sigma=1.10$), otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=-0.30$, $\sigma=1.70$) y una Función Rayleigh (20 %, $\sigma=0.40$). La Figura 5.410 representa su correspondiente CDF.

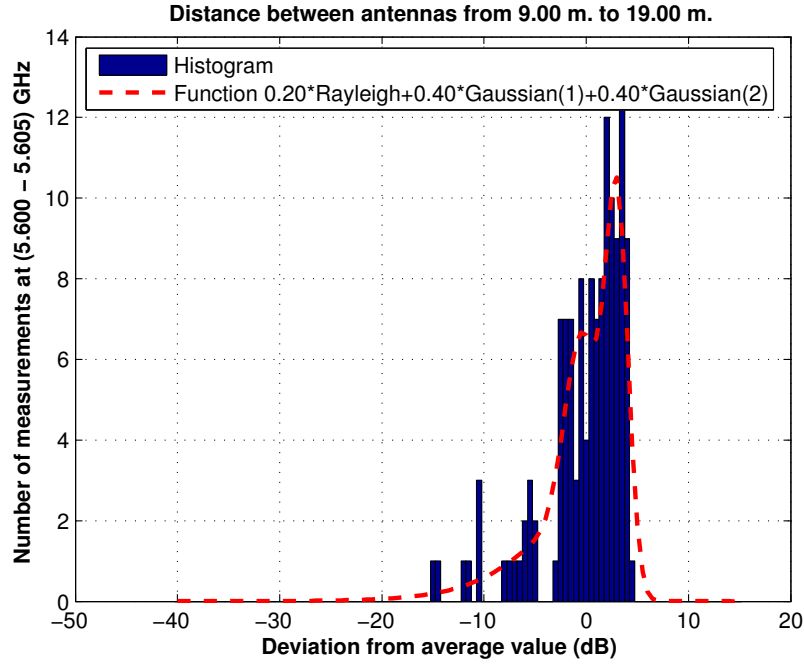


Figura 5.409: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

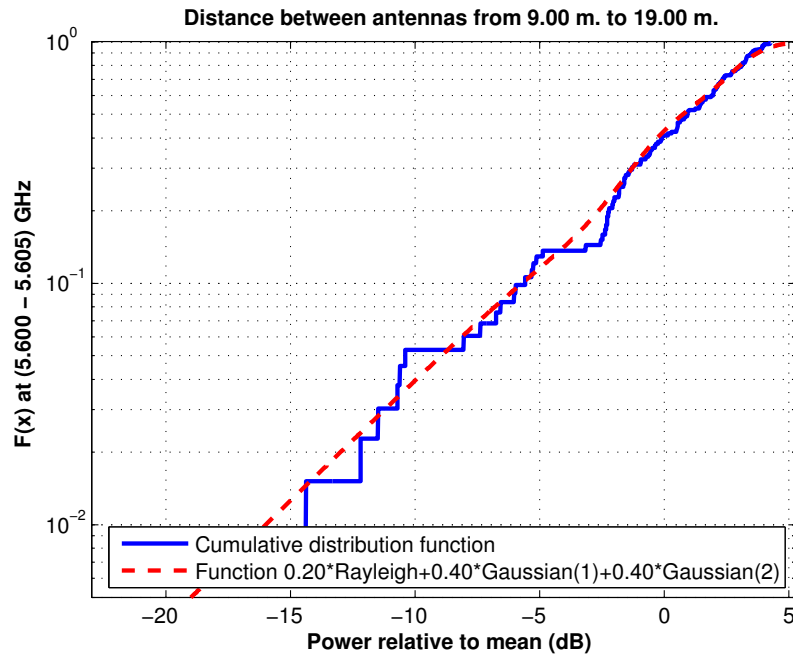


Figura 5.410: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.411 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

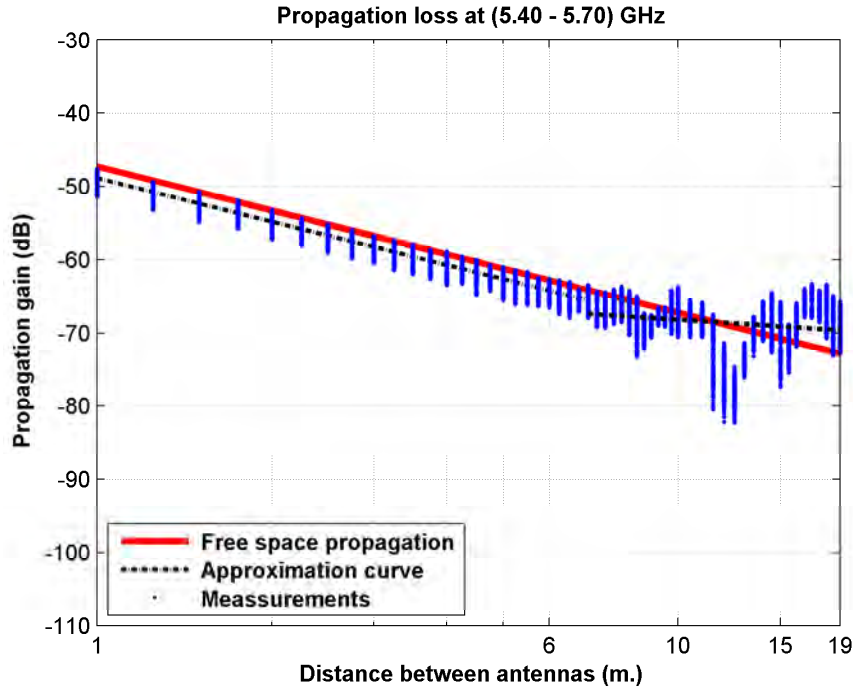


Figura 5.411: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,85 + 19,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 67,40 + 5,15 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.52$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.412 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=0.75$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=-1.30$, $\sigma=0.65$). La Figura 5.413 representa su correspondiente CDF.

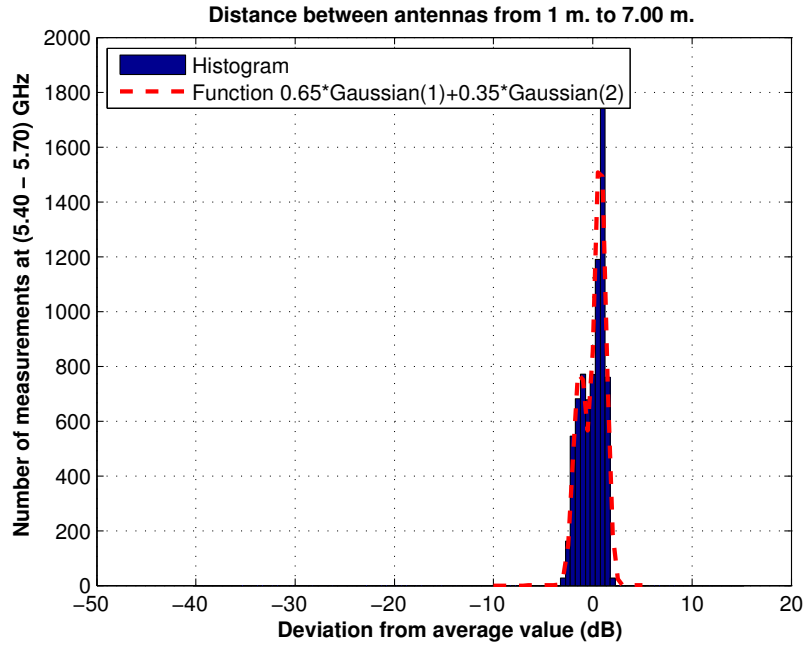


Figura 5.412: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

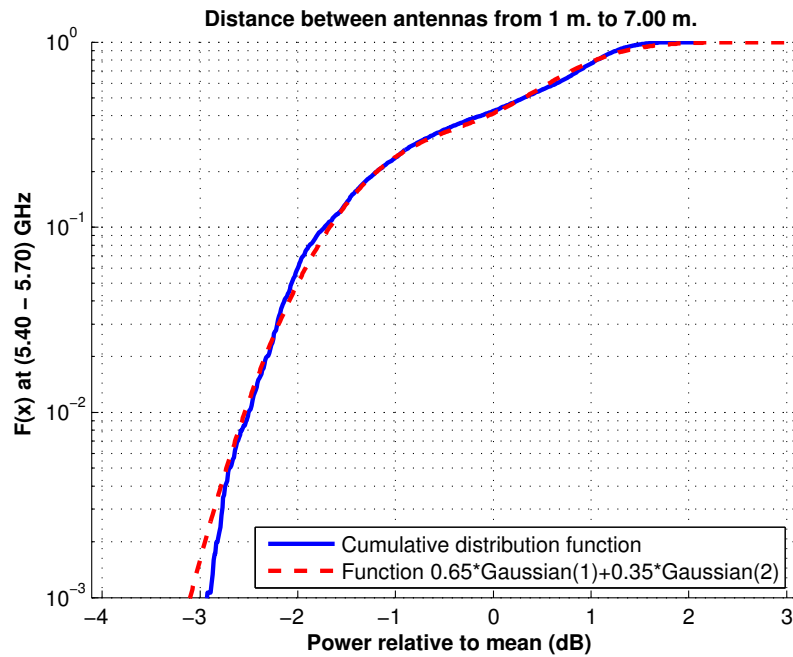


Figura 5.413: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.414 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (92 %, $\mu=0.50$, $\sigma=2.40$) y otra Función Gaussiana (8 %, $\mu=-9.00$, $\sigma=1.80$). La Figura 5.415 representa su correspondiente CDF.

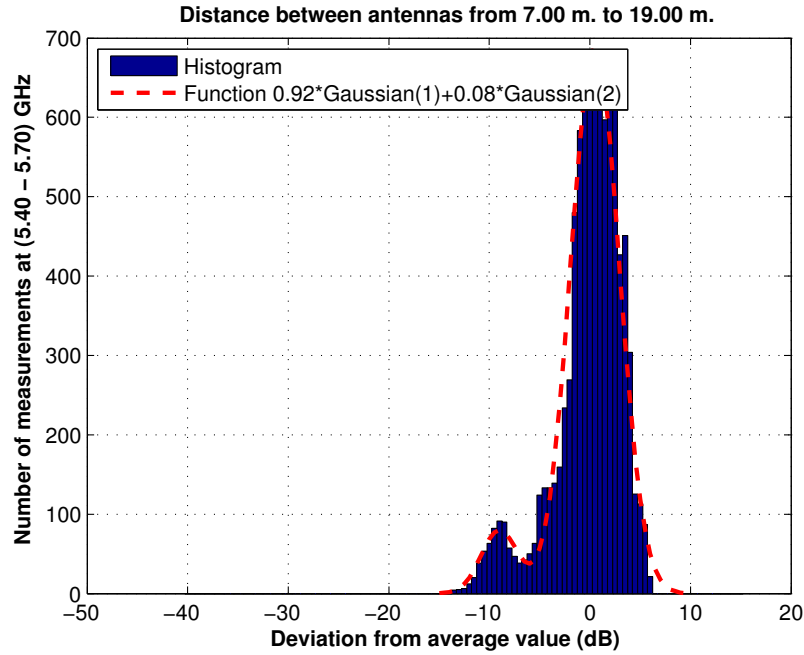


Figura 5.414: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

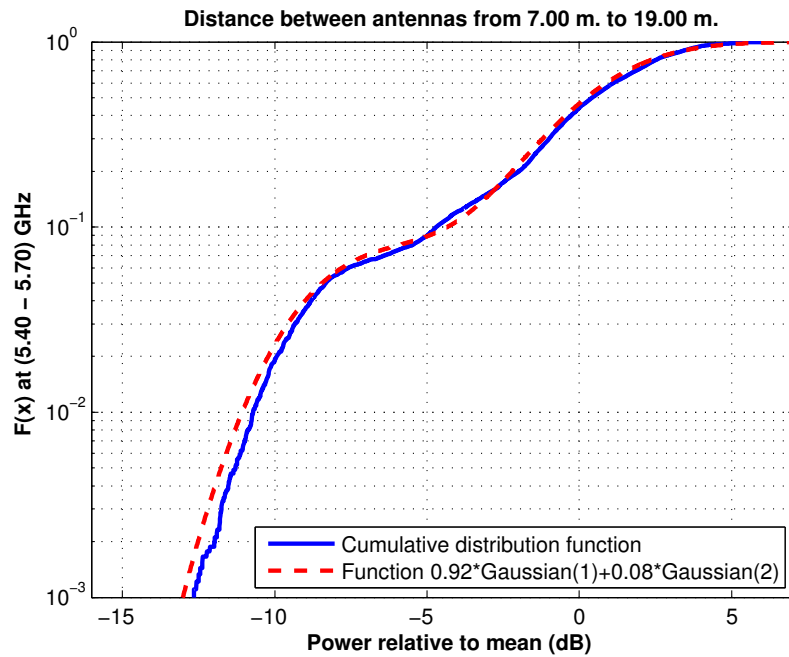


Figura 5.415: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.416 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

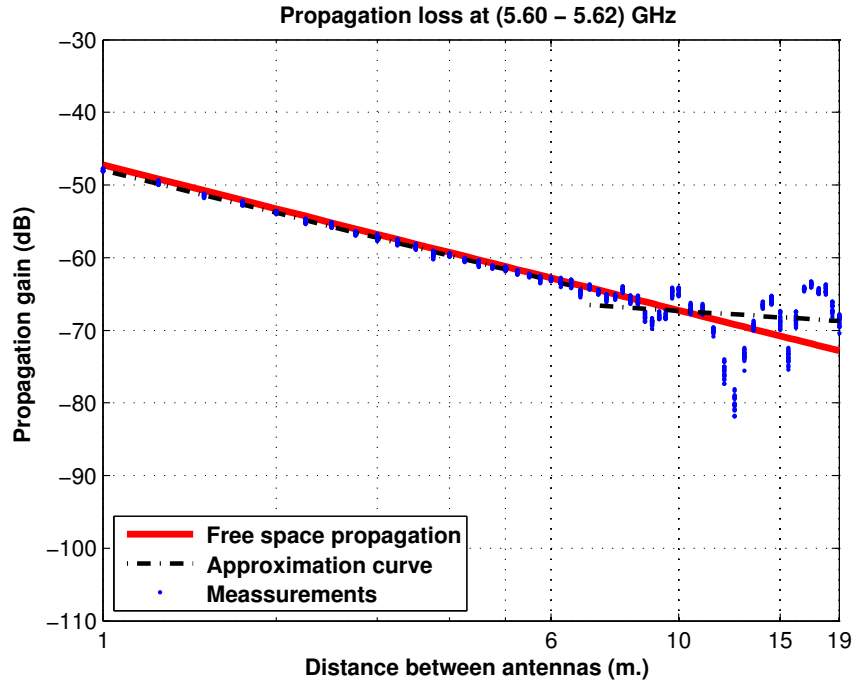


Figura 5.416: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,96 + 19,55 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 66,55 + 5,00 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.95$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.50$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.417 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (97 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-0.70$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.418 representa su correspondiente CDF.

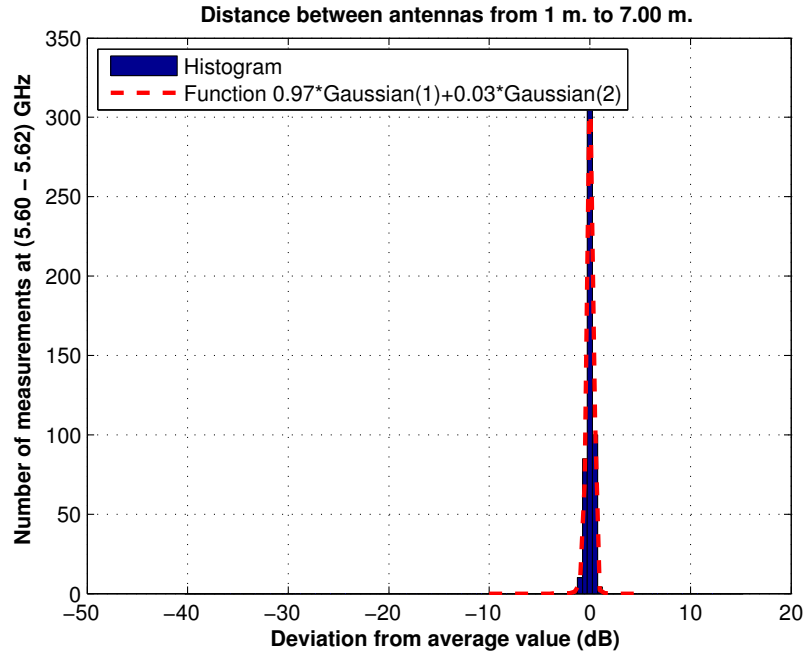


Figura 5.417: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

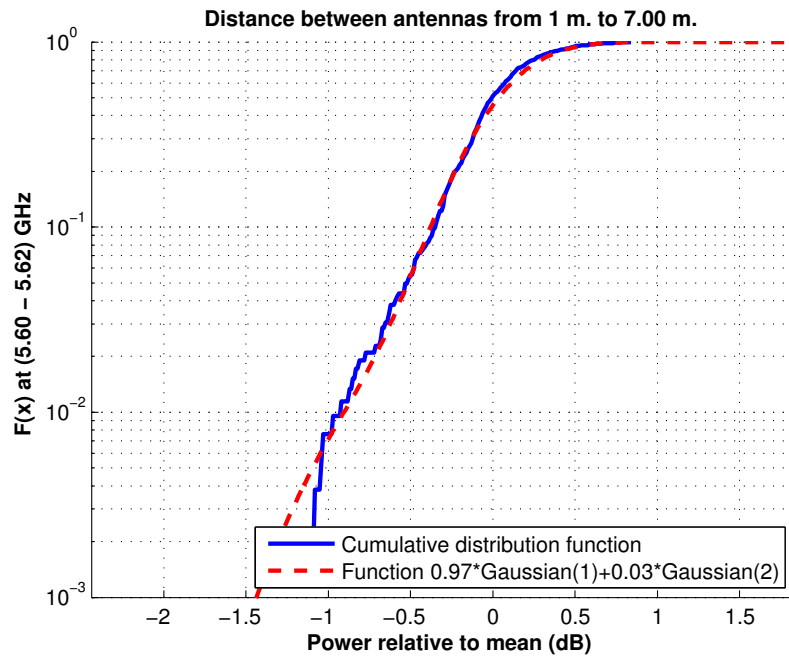


Figura 5.418: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.419 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=1.50$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (20 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.420 representa su correspondiente CDF.

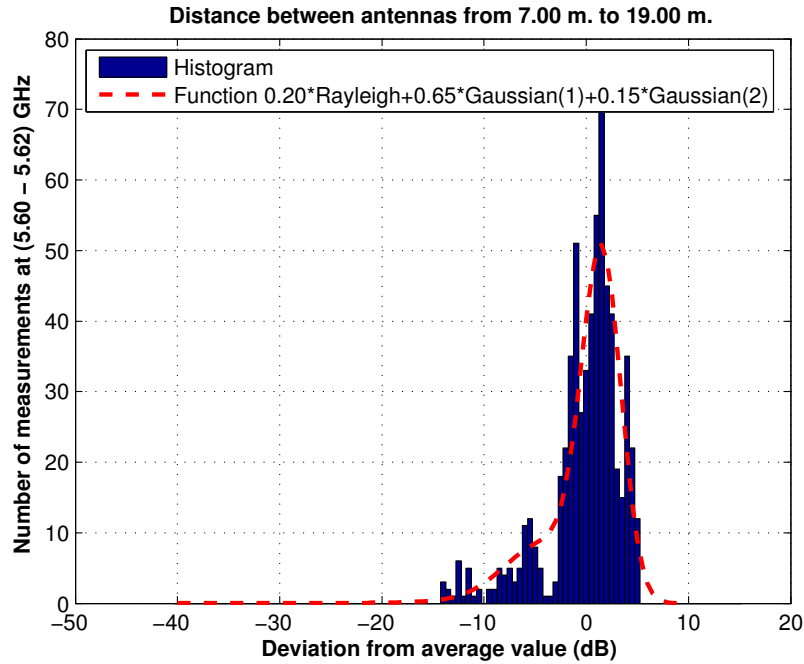


Figura 5.419: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

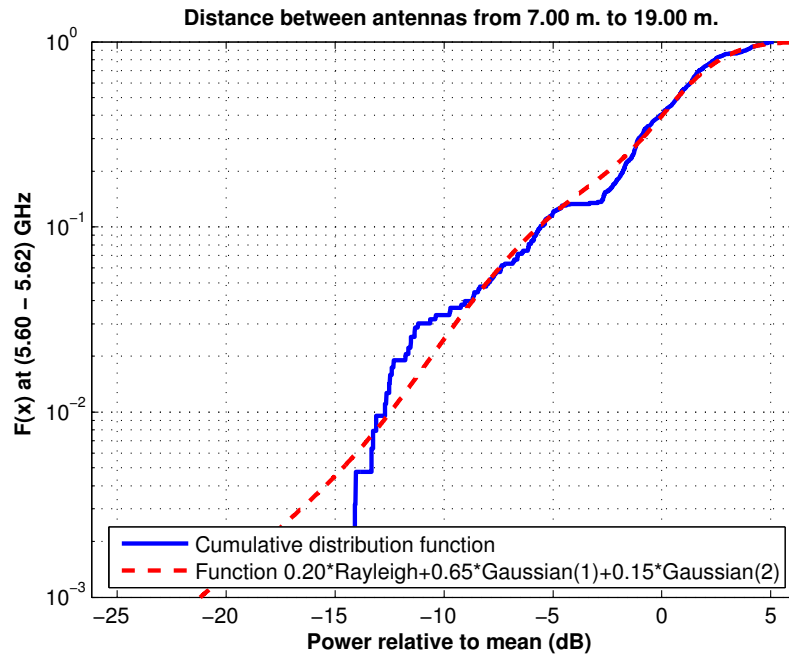


Figura 5.420: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.421 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

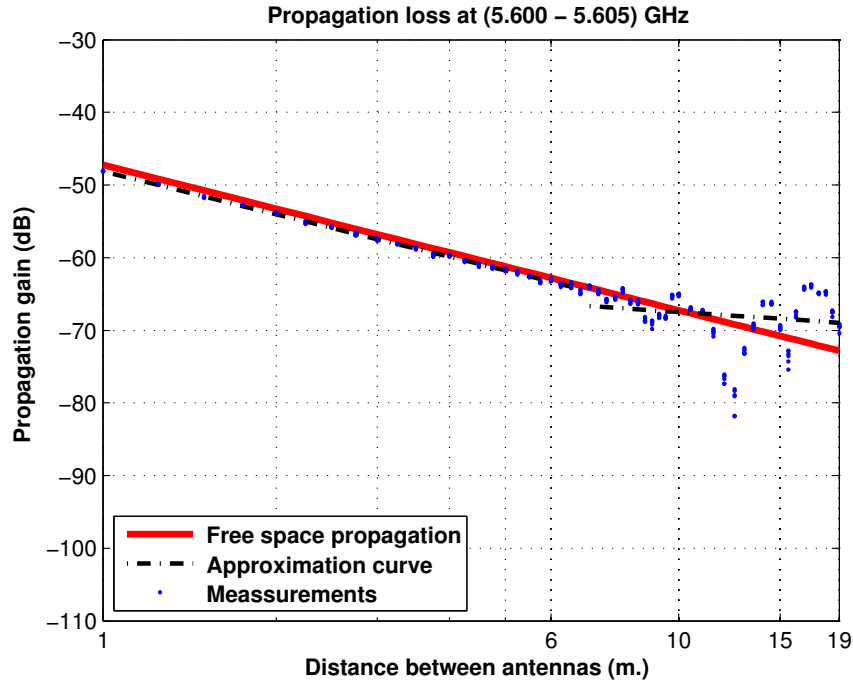


Figura 5.421: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,15 + 19,48 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 66,70 + 5,21 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.95$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.52$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.422 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.26$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.25$). La Figura 5.423 representa su correspondiente CDF.

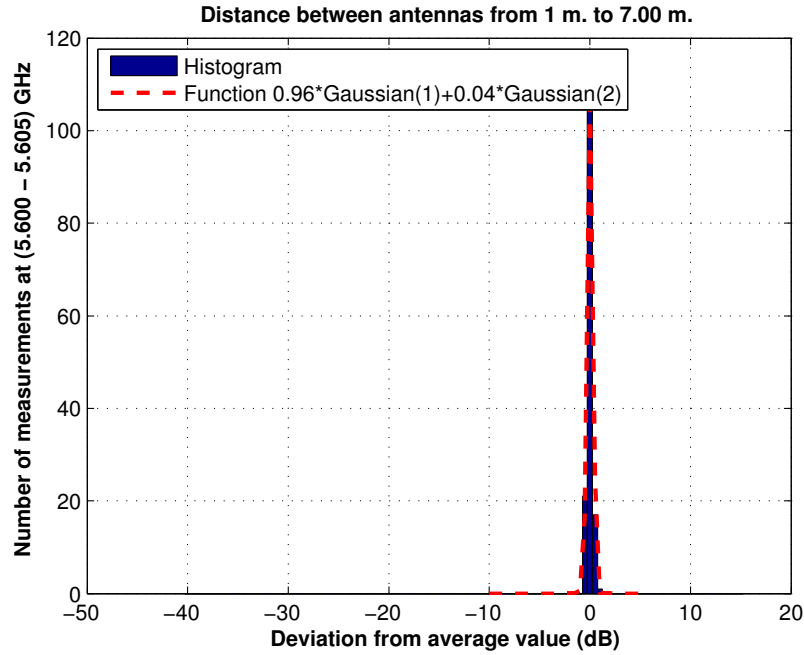


Figura 5.422: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

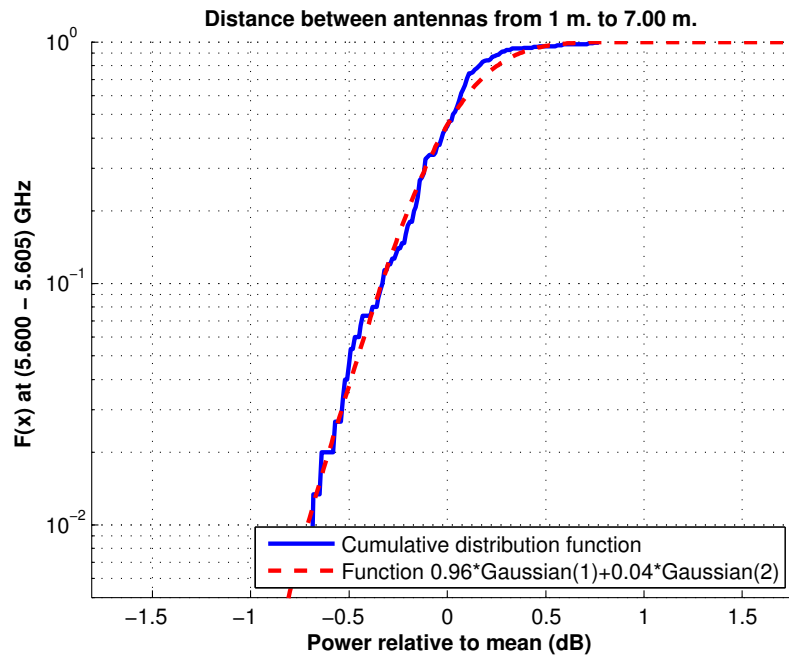


Figura 5.423: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.424 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=1.40$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-5.50$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.425 representa su correspondiente CDF.

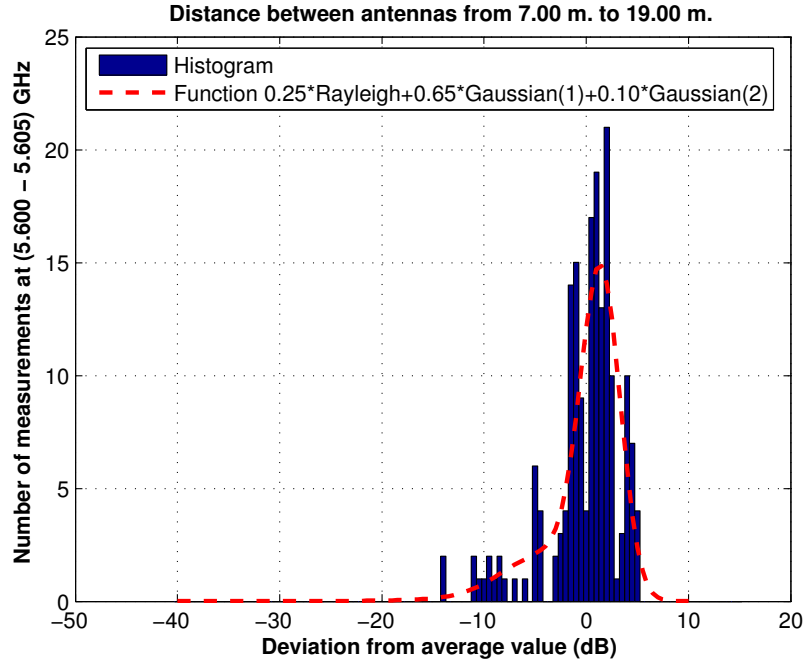


Figura 5.424: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

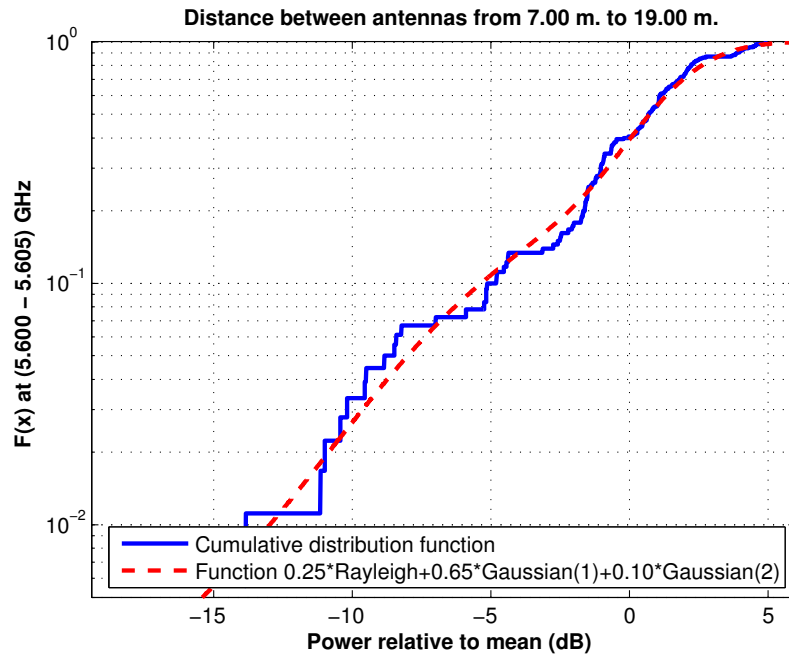


Figura 5.425: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.426 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

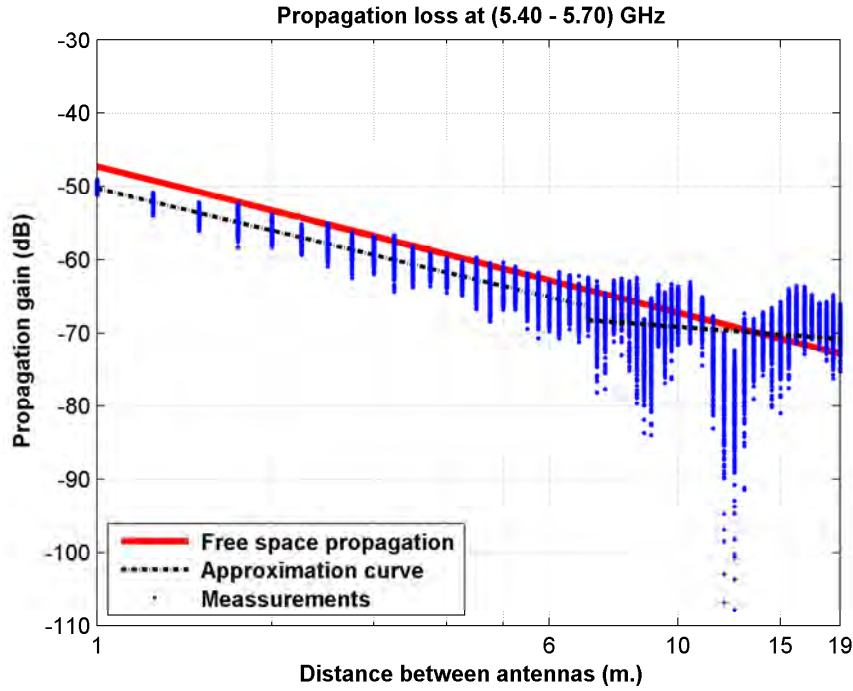


Figura 5.426: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,26 + 19,09 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 68,24 + 5,91 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.91$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.59$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.427 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.15$, $\sigma=1.25$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=1.75$). La Figura 5.428 representa su correspondiente CDF.

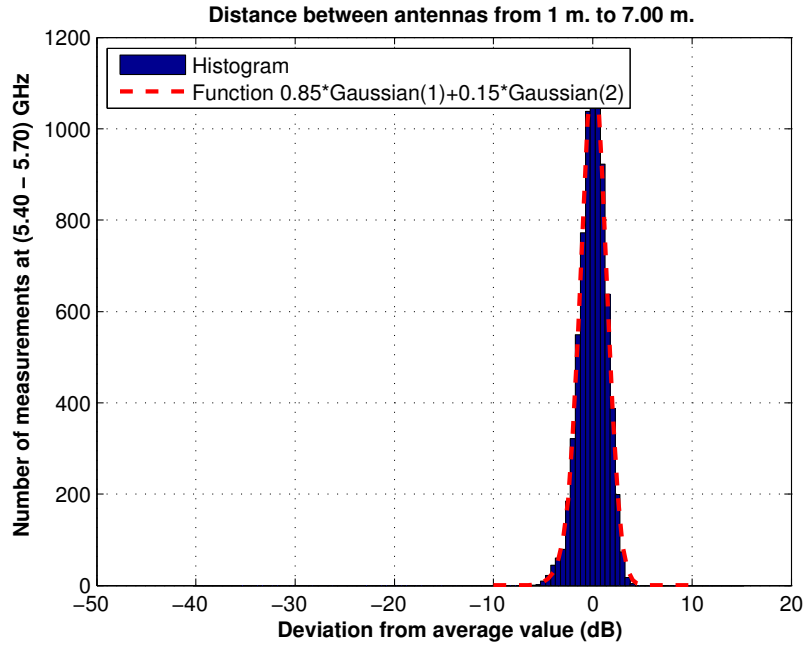


Figura 5.427: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

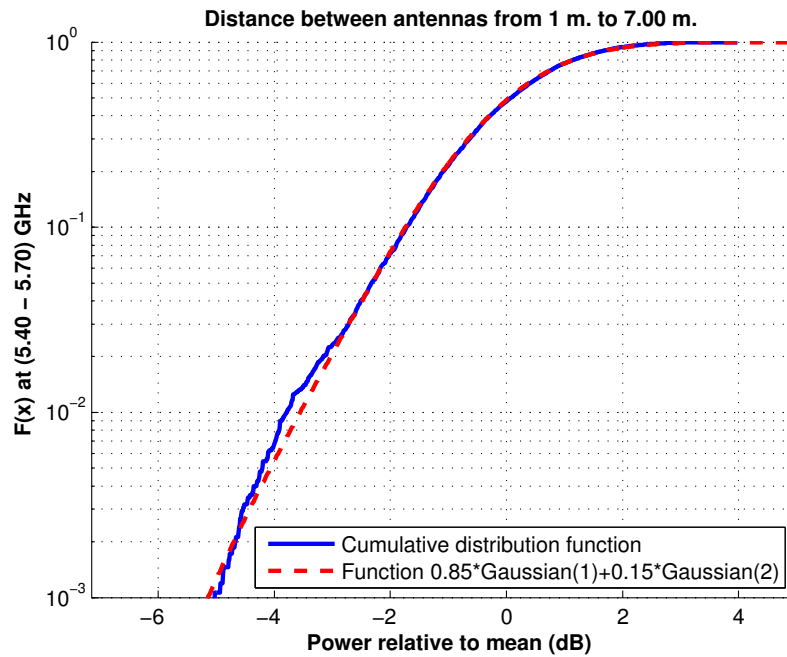


Figura 5.428: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.429 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=1.90$, $\sigma=2.10$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=3.30$) y una Función Rayleigh (50 %, $\sigma=1.30$). La Figura 5.430 representa su correspondiente CDF.

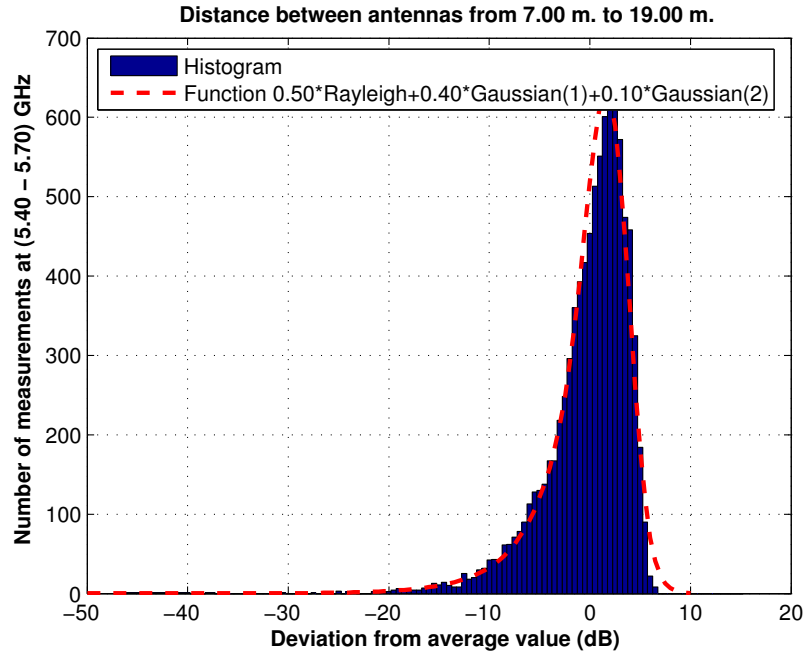


Figura 5.429: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

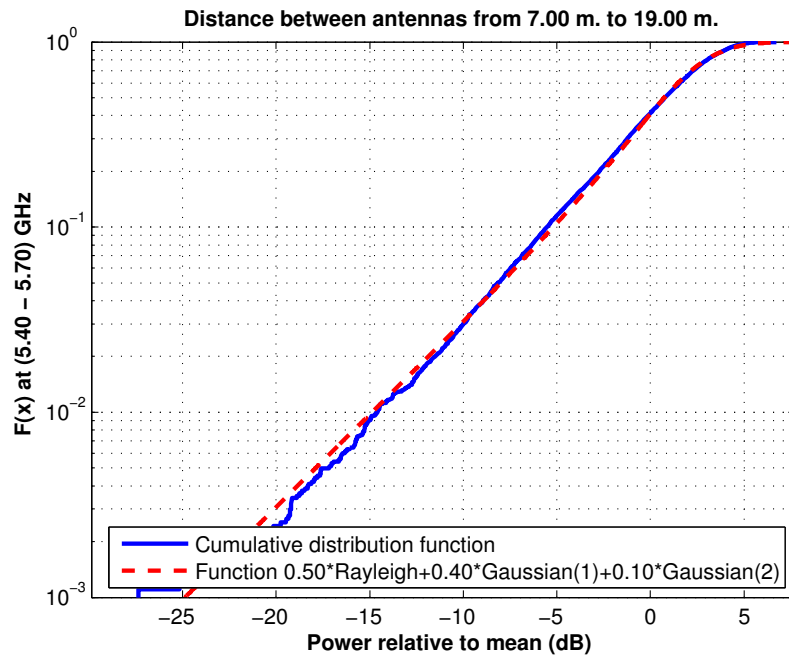


Figura 5.430: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.431 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

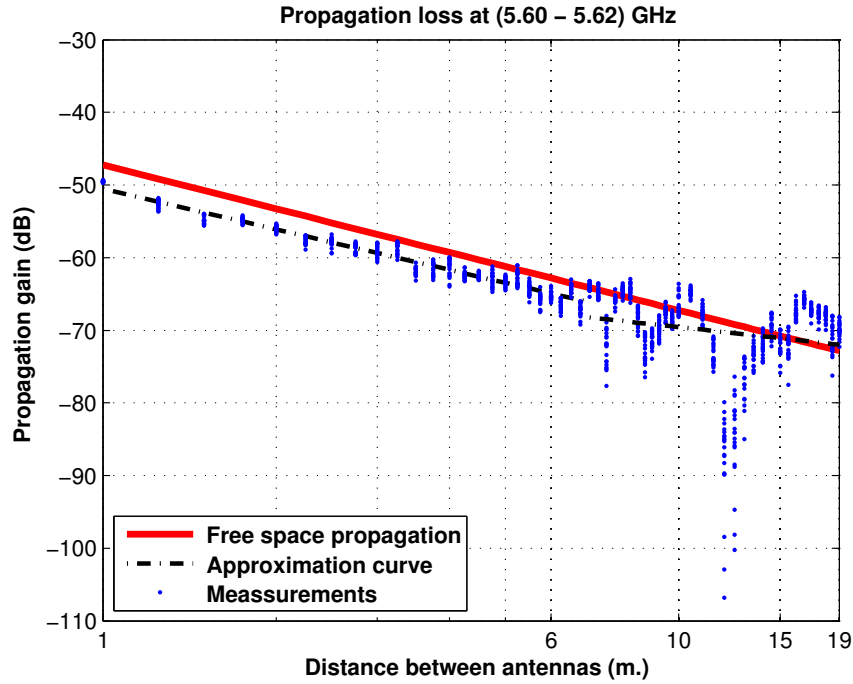


Figura 5.431: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,55 + 18,47 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 68,23 + 8,65 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.85$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.87$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.432 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (98 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (2 %, $\mu=-2.00$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.433 representa su correspondiente CDF.

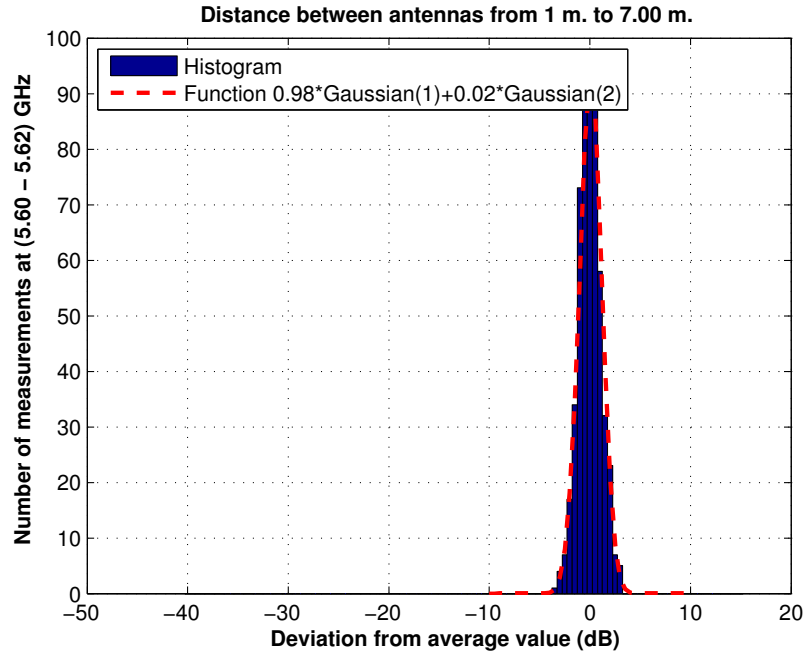


Figura 5.432: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

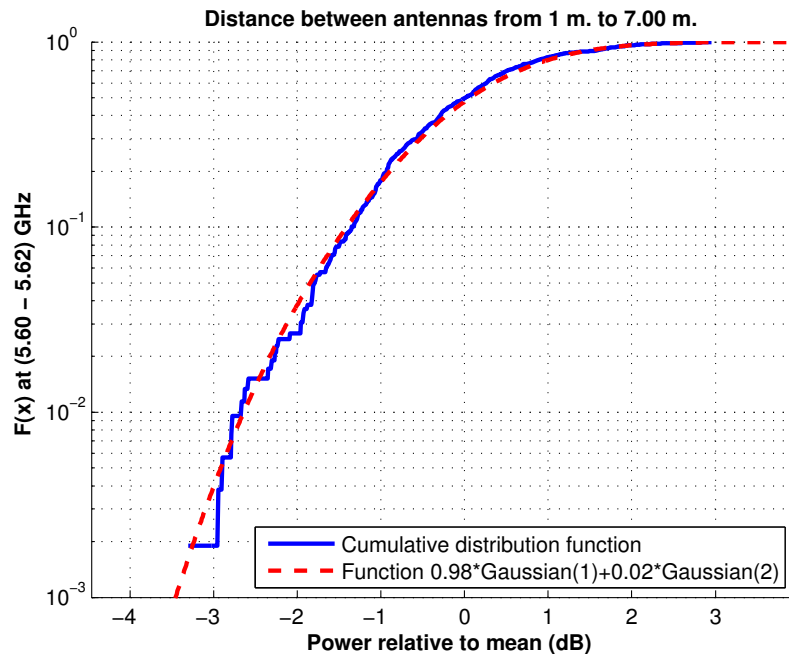


Figura 5.433: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.434 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.80$, $\sigma=1.60$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-12.00$, $\sigma=12.00$) y una Función Rayleigh (55 %, $\sigma=1.10$). La Figura 5.435 representa su correspondiente CDF.

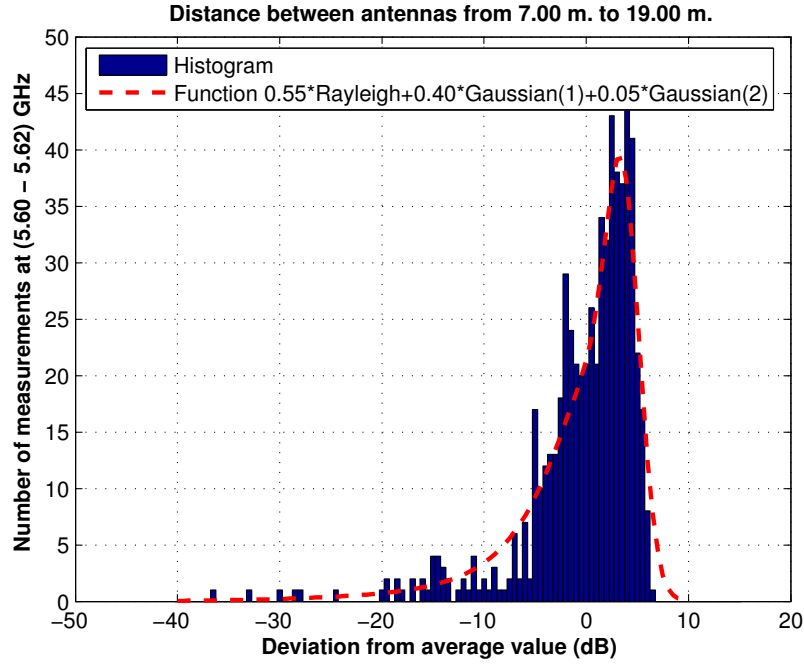


Figura 5.434: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

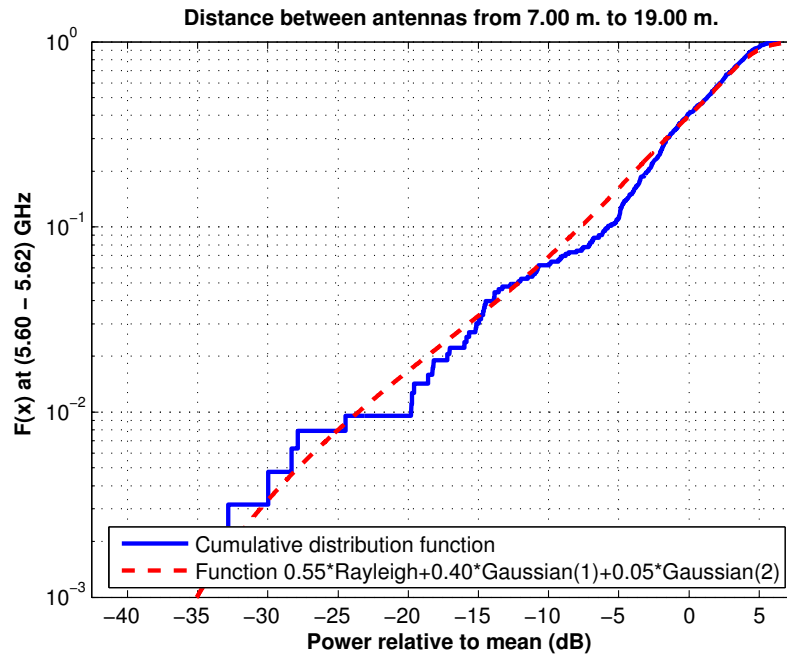


Figura 5.435: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.436 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

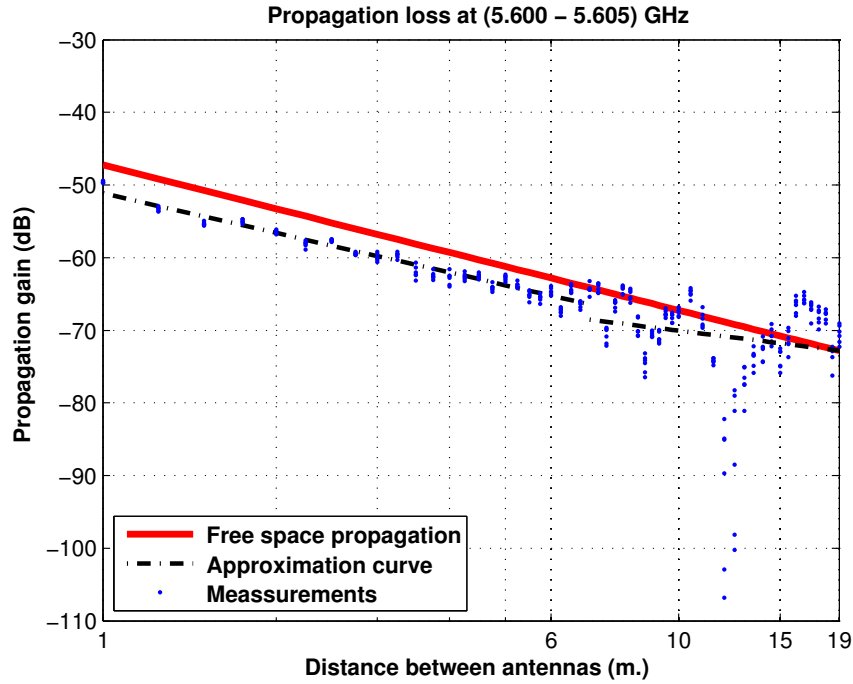


Figura 5.436: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,55 + 18,47 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 68,23 + 8,65 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.85$ es ligeramente inferior que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.87$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.437 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.15$, $\sigma=1.25$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=1.75$). La Figura 5.438 representa su correspondiente CDF.

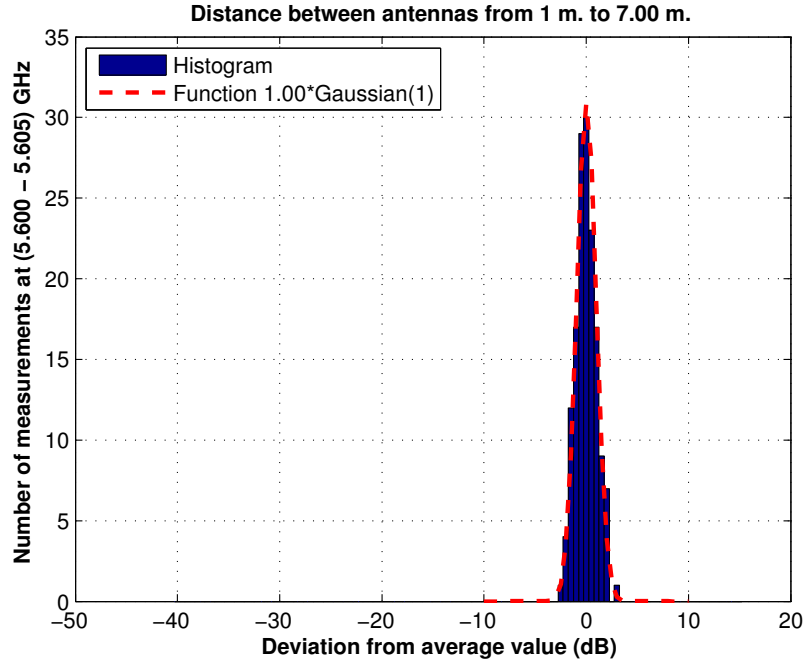


Figura 5.437: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

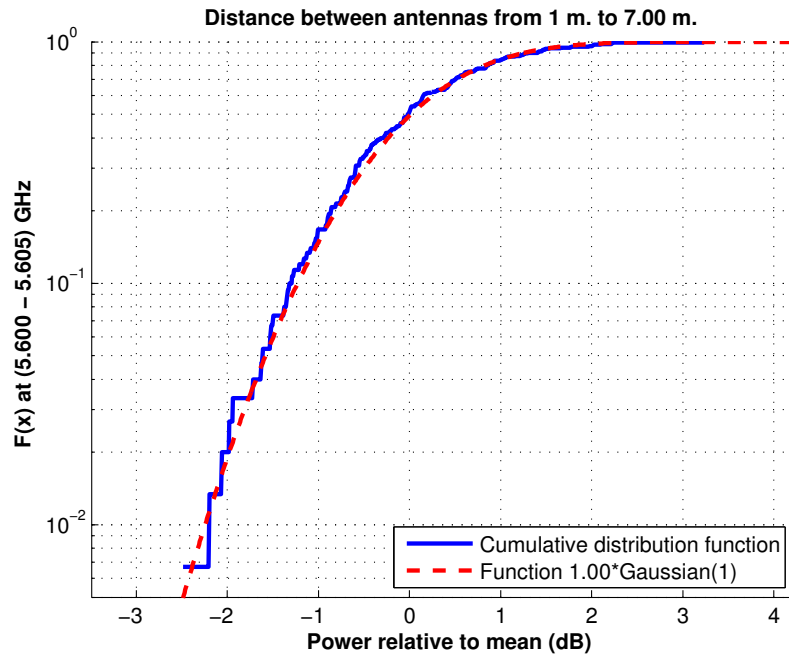


Figura 5.438: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.439 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=1.90$, $\sigma=2.10$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=3.30$) y una Función Rayleigh (50 %, $\sigma=1.30$). La Figura 5.440 representa su correspondiente CDF.

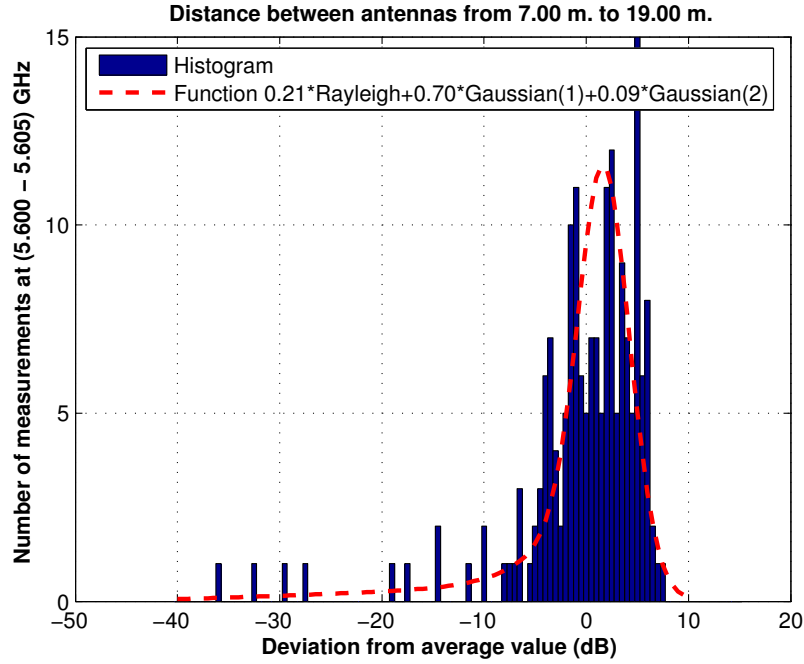


Figura 5.439: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

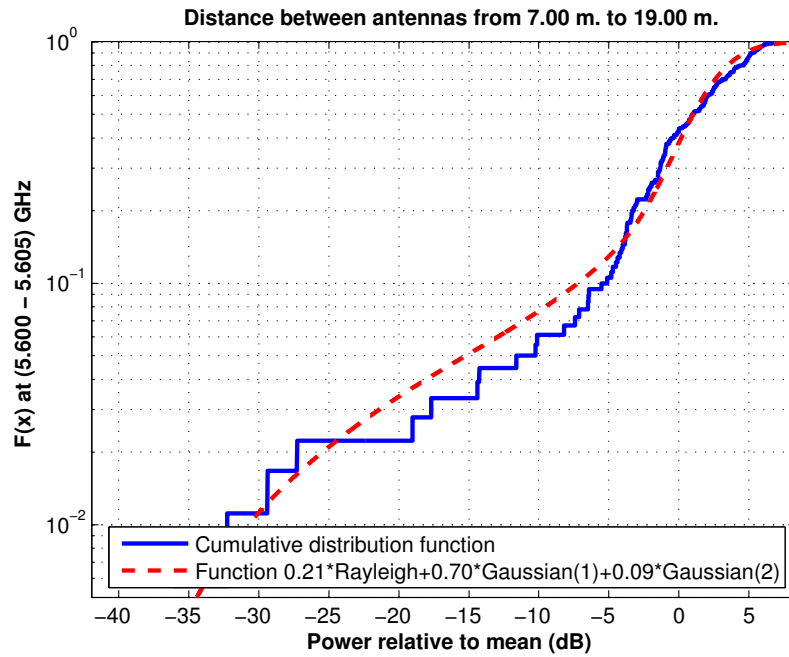


Figura 5.440: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.441 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

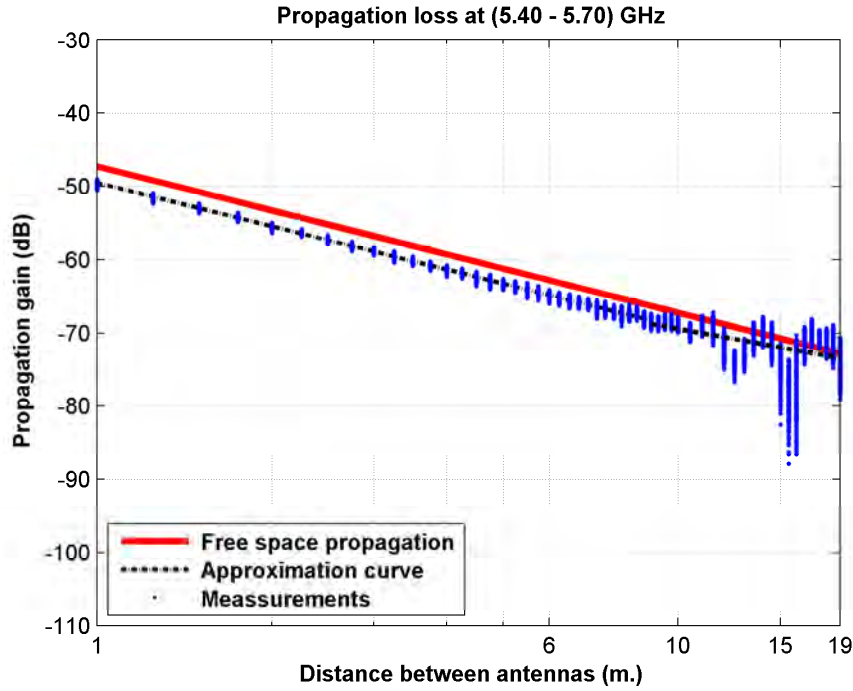


Figura 5.441: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,49 + 19,72 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,80 + 14,31 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.43$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.442 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.07$, $\sigma=0.33$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-0.48$, $\sigma=0.35$). La Figura 5.443 representa su correspondiente CDF.

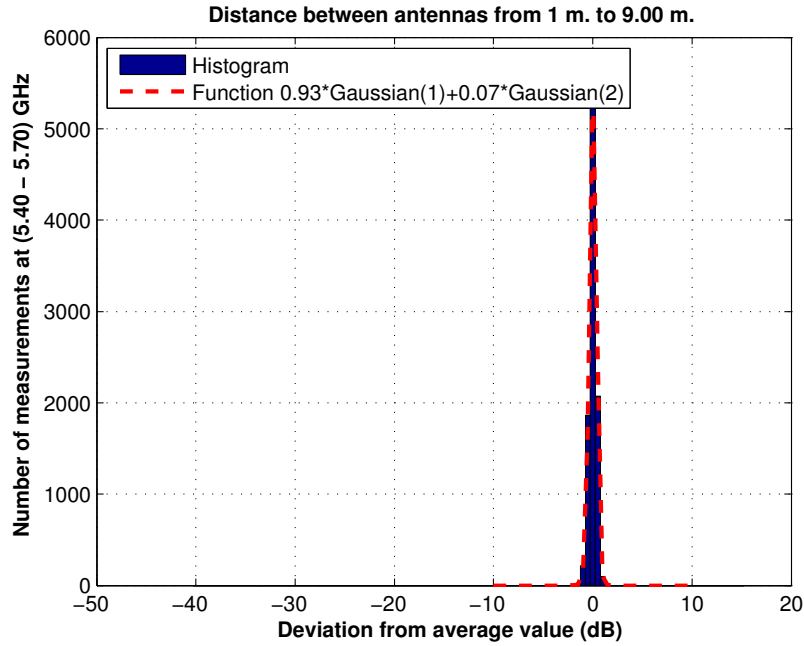


Figura 5.442: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

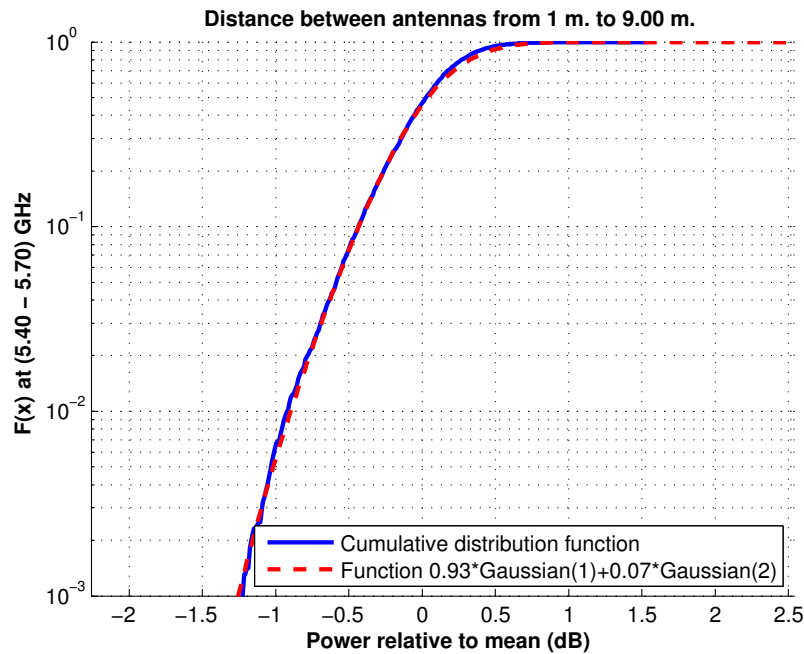


Figura 5.443: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.444 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (73 %, $\mu=1.00$, $\sigma=1.20$), otra Función Gaussiana (17 %, $\mu=-2.80$, $\sigma=1.20$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=0.48$). La Figura 5.445 representa su correspondiente CDF.

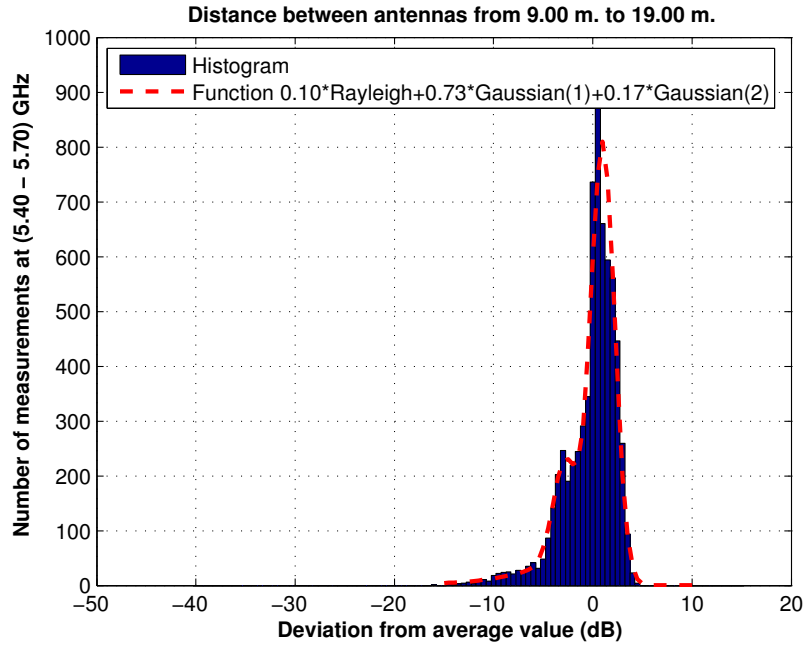


Figura 5.444: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

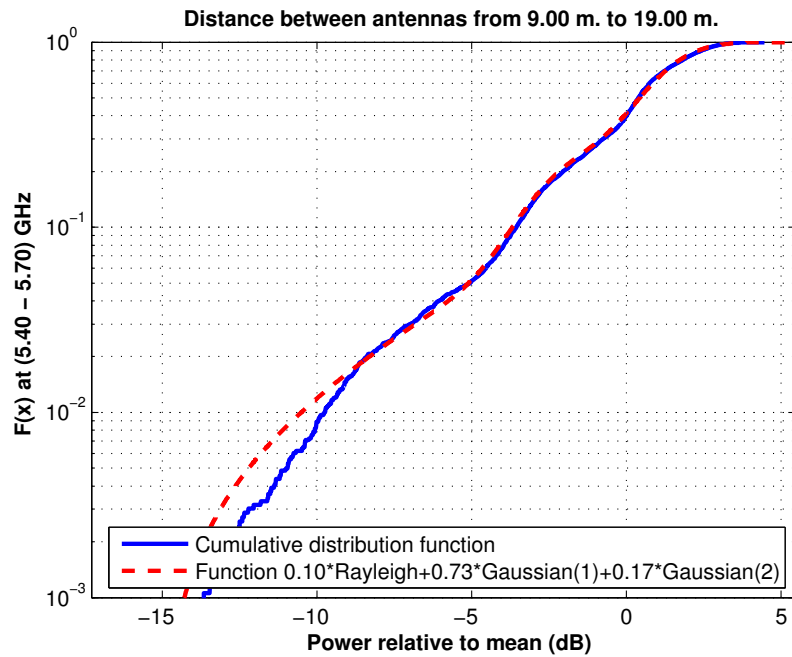


Figura 5.445: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.446 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

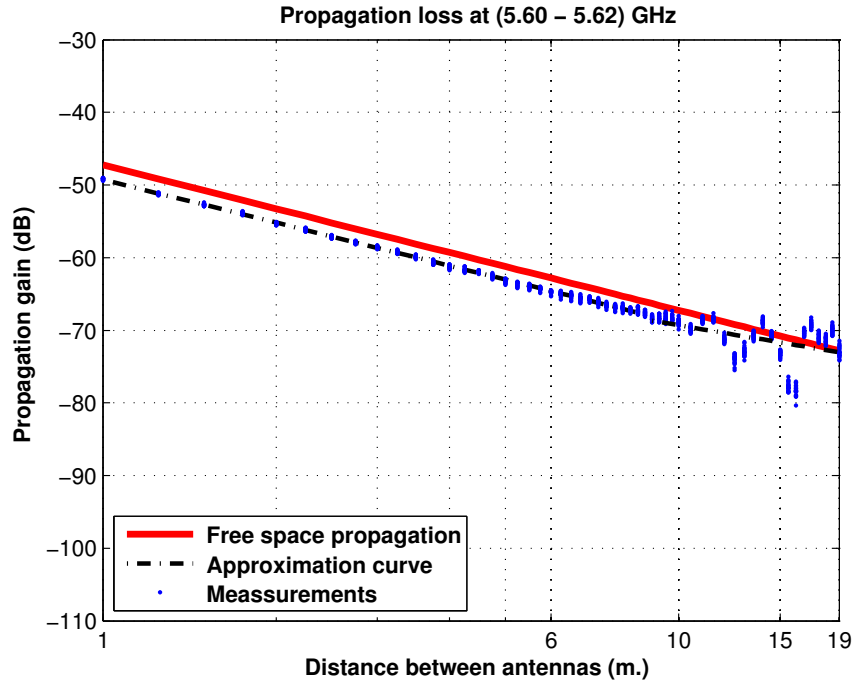


Figura 5.446: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,25 + 19,71 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,68 + 13,47 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.35$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.447 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.25$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.20$). La Figura 5.448 representa su correspondiente CDF.

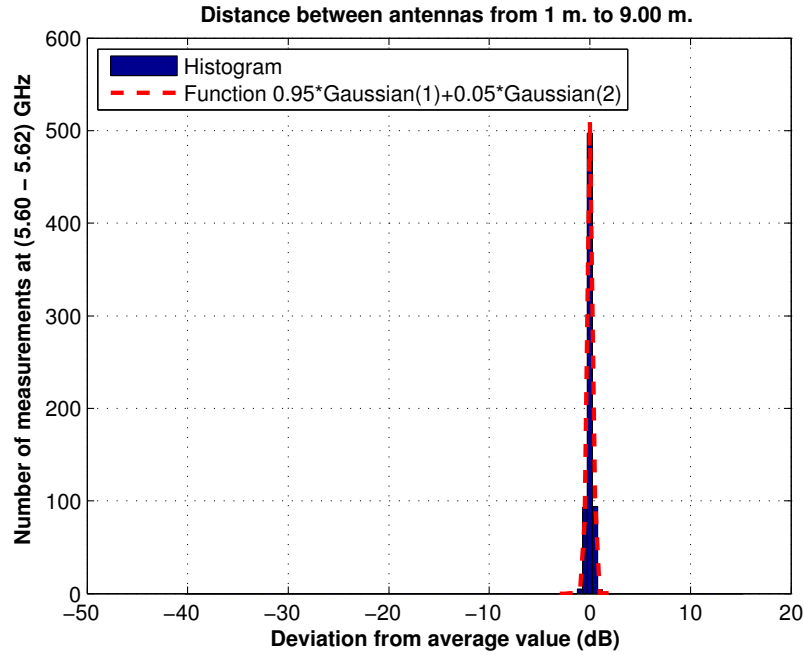


Figura 5.447: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

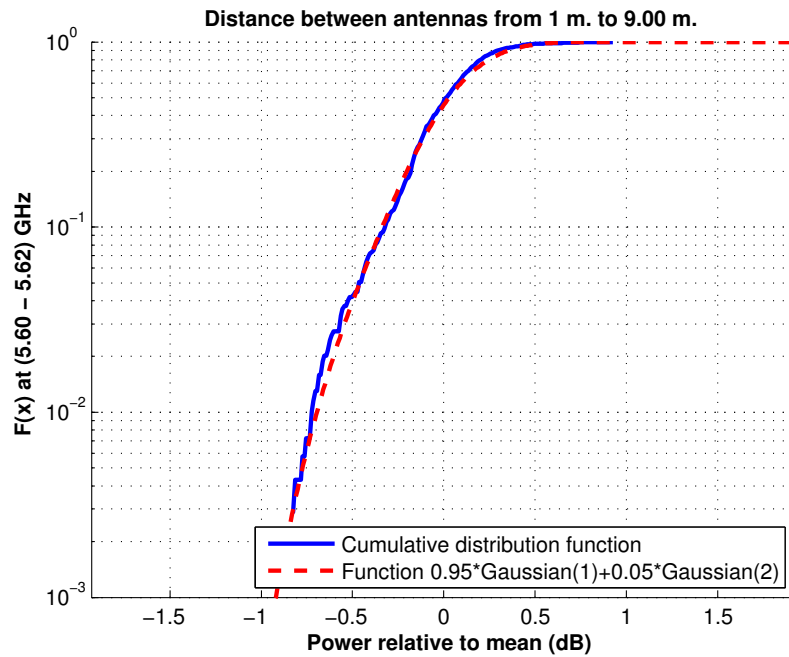


Figura 5.448: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.449 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.80$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-6.00$, $\sigma=1.10$). La Figura 5.450 representa su correspondiente CDF.

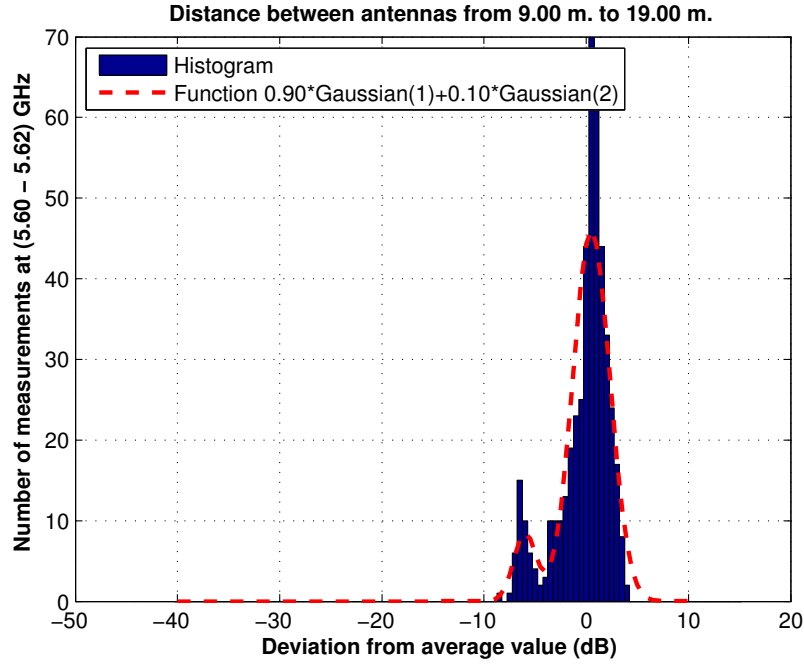


Figura 5.449: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

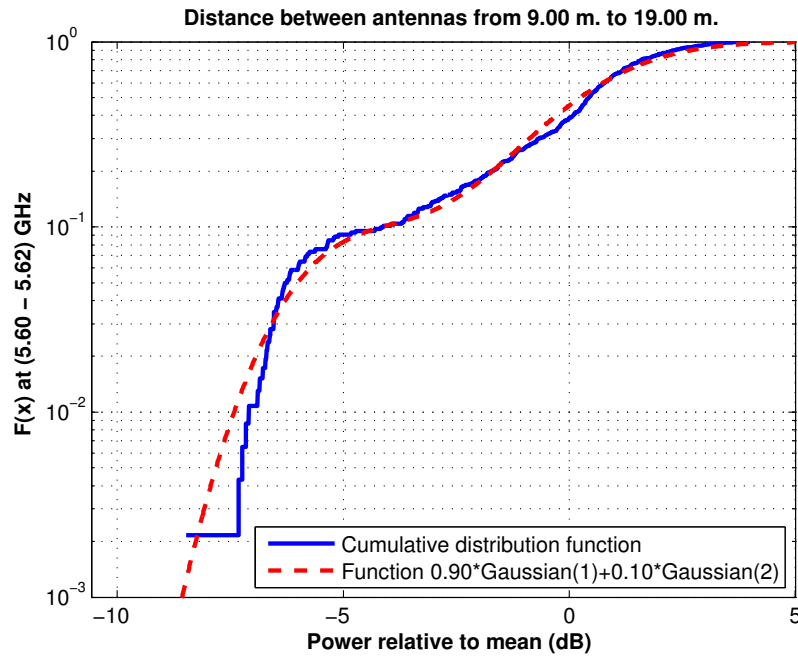


Figura 5.450: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.451 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

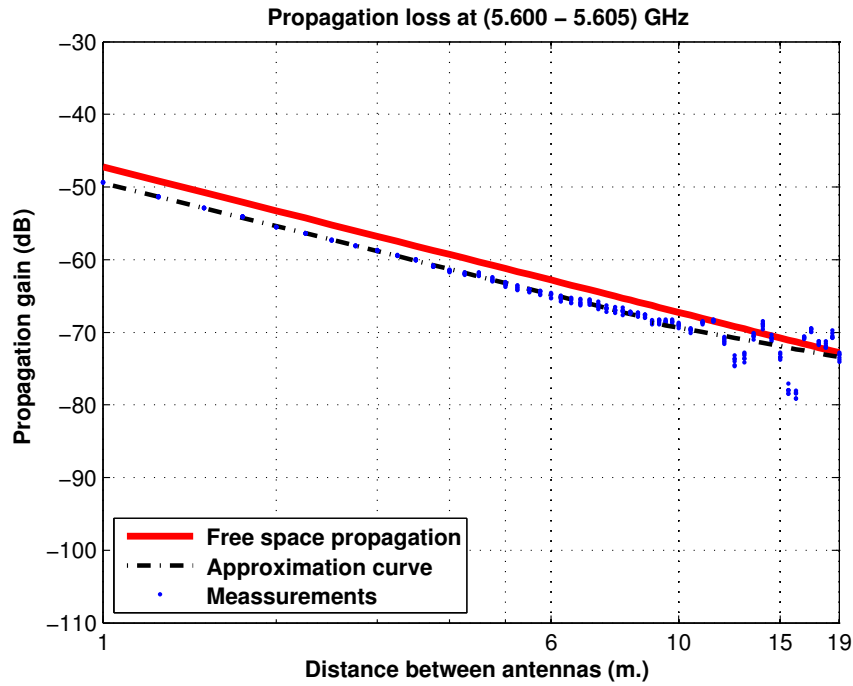


Figura 5.451: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,45 + 19,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,70 + 14,52 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.45$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.452 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.25$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-0.40$, $\sigma=0.15$). La Figura 5.453 representa su correspondiente CDF.

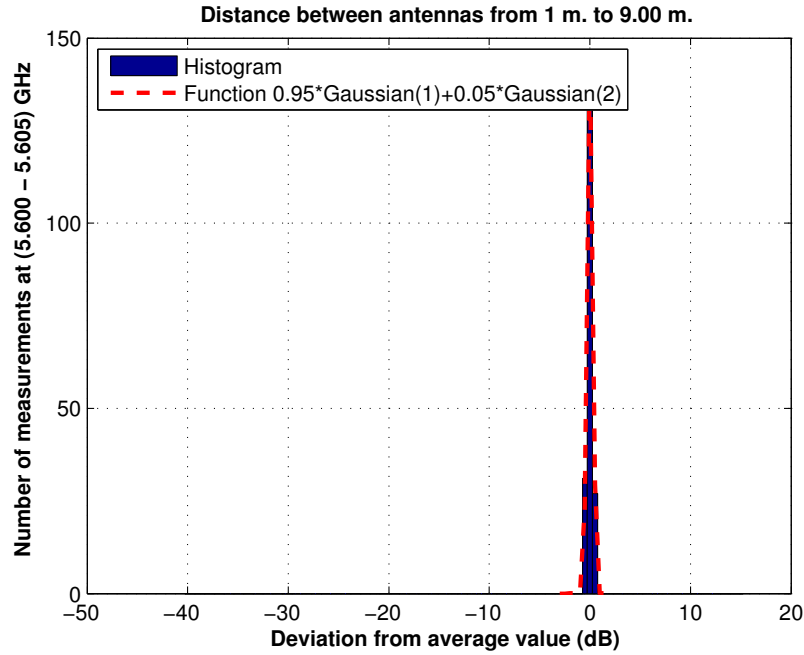


Figura 5.452: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

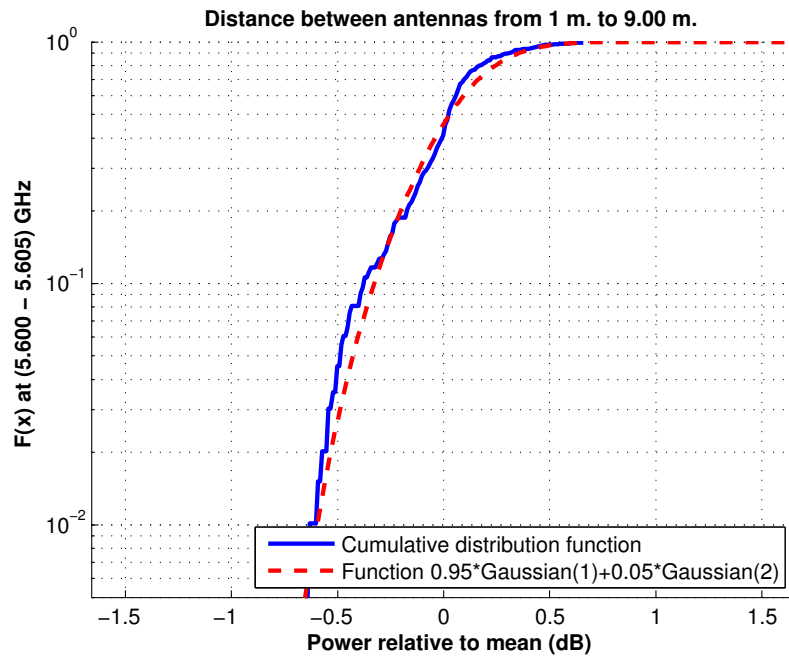


Figura 5.453: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.454 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (87 %, $\mu=0.70$, $\sigma=1.60$) y otra Función Gaussiana (13 %, $\mu=-5.50$, $\sigma=1.30$). La Figura 5.455 representa su correspondiente CDF.

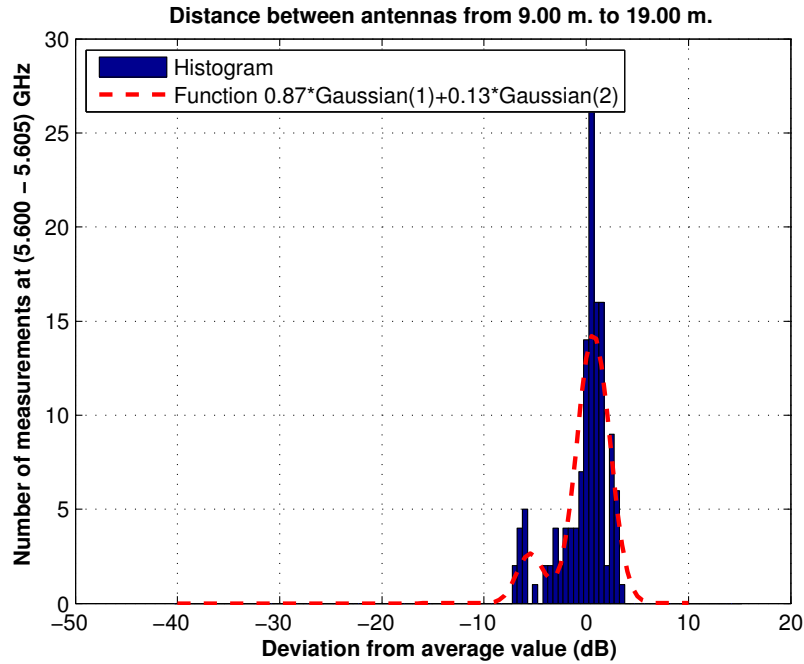


Figura 5.454: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

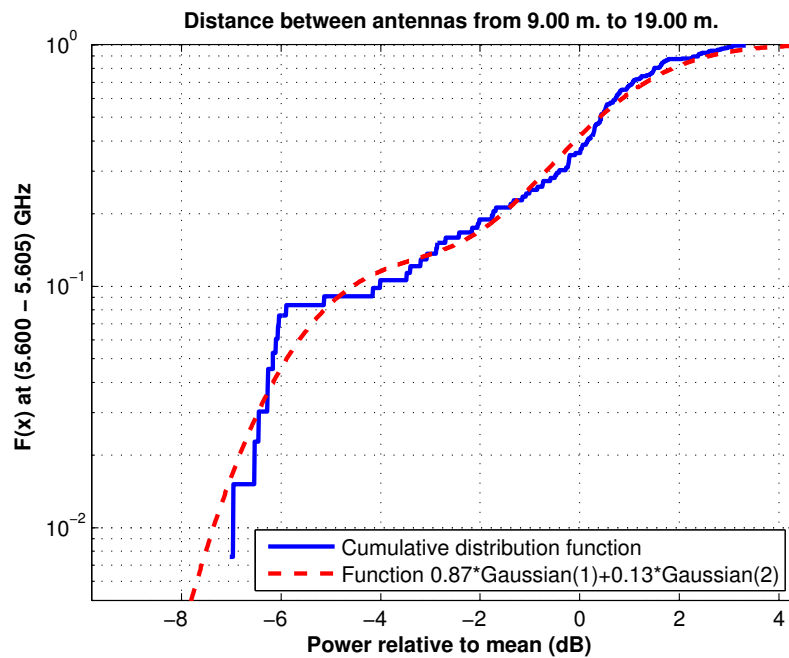


Figura 5.455: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.456 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

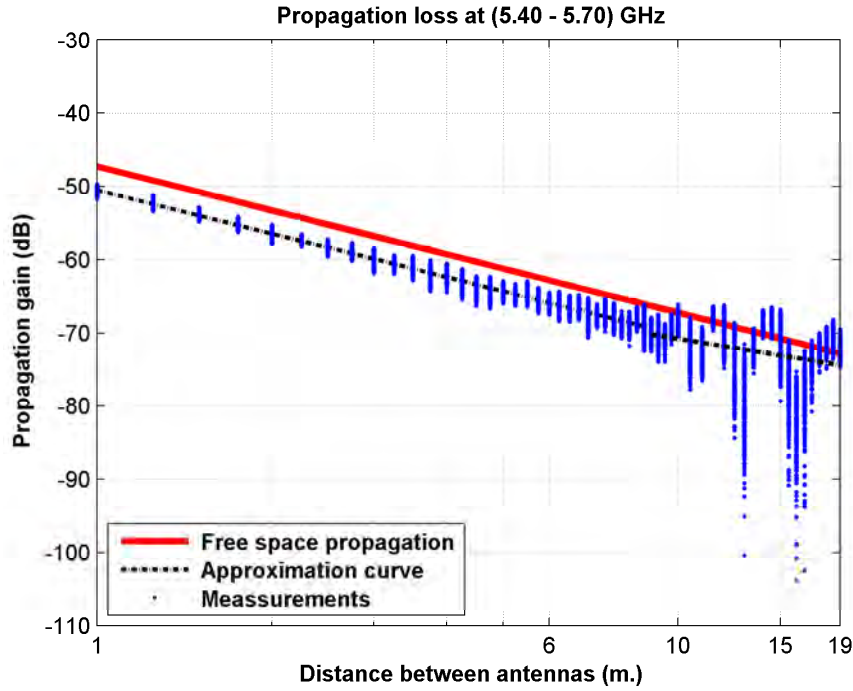


Figura 5.456: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,48 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,21 + 12,92 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.29$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.457 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.70$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.75$, $\sigma=0.95$). La Figura 5.458 representa su correspondiente CDF.

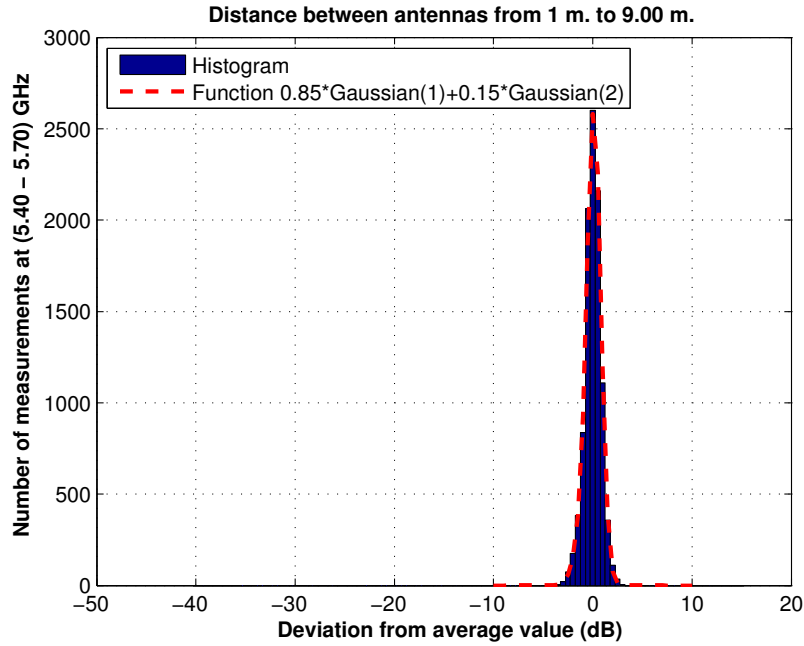


Figura 5.457: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

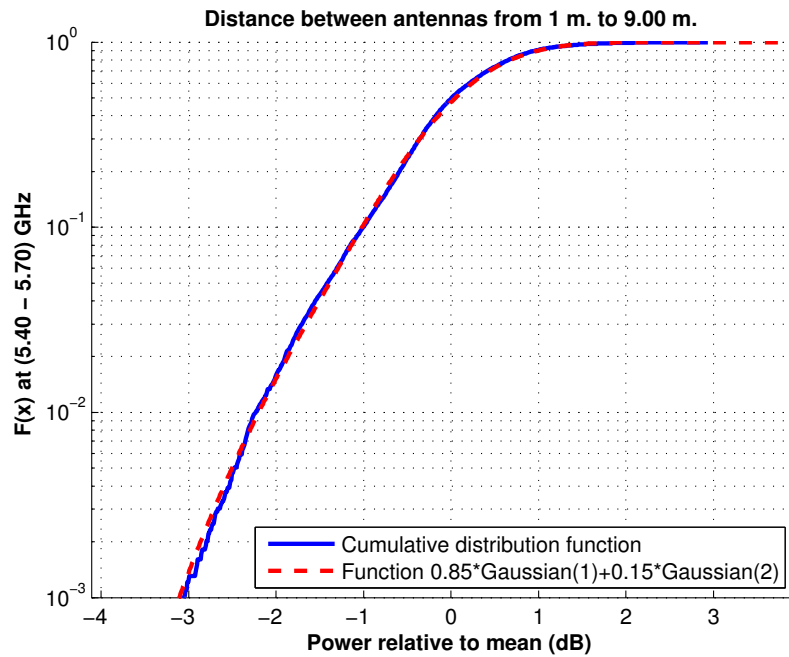


Figura 5.458: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.459 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=2.00$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-3.50$, $\sigma=4.50$) y una Función Rayleigh (40 %, $\sigma=1.30$). La Figura 5.460 representa su correspondiente CDF.

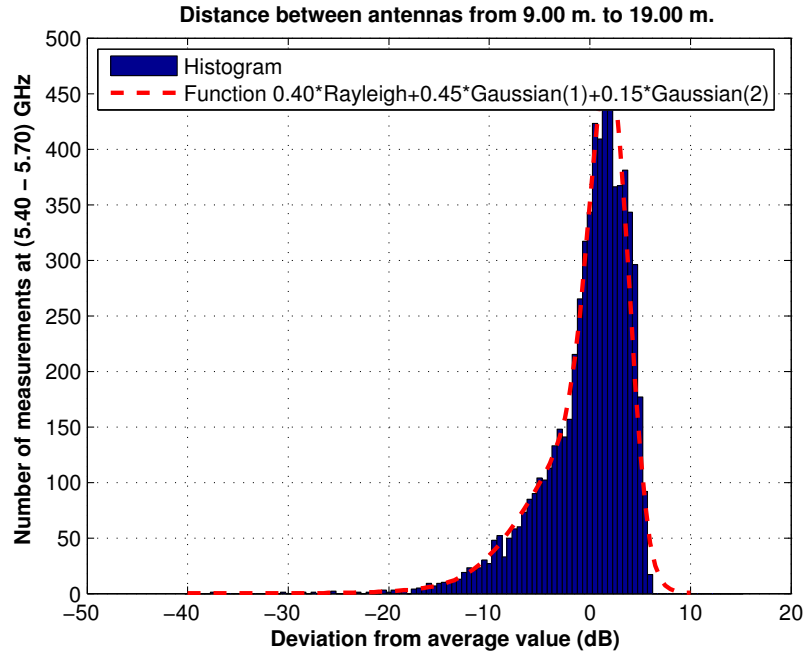


Figura 5.459: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

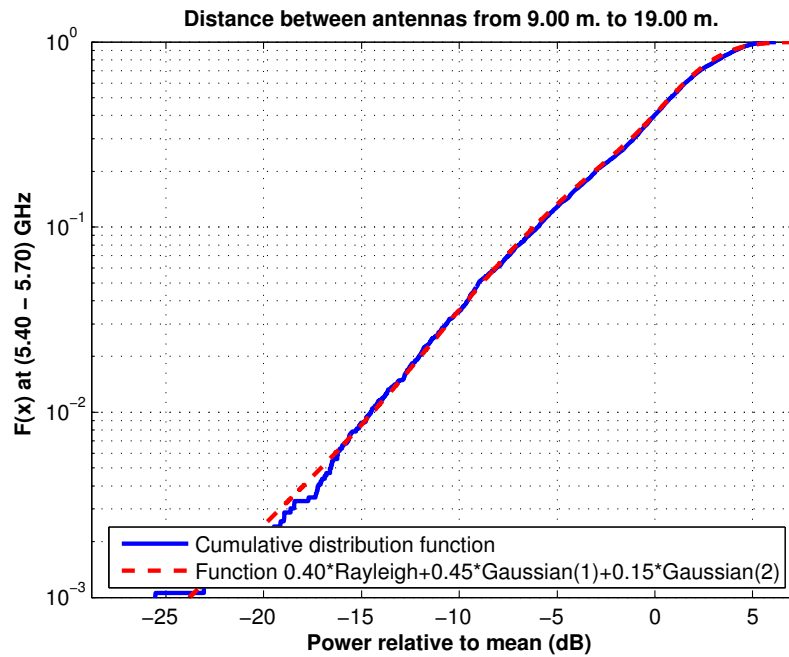


Figura 5.460: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.461 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

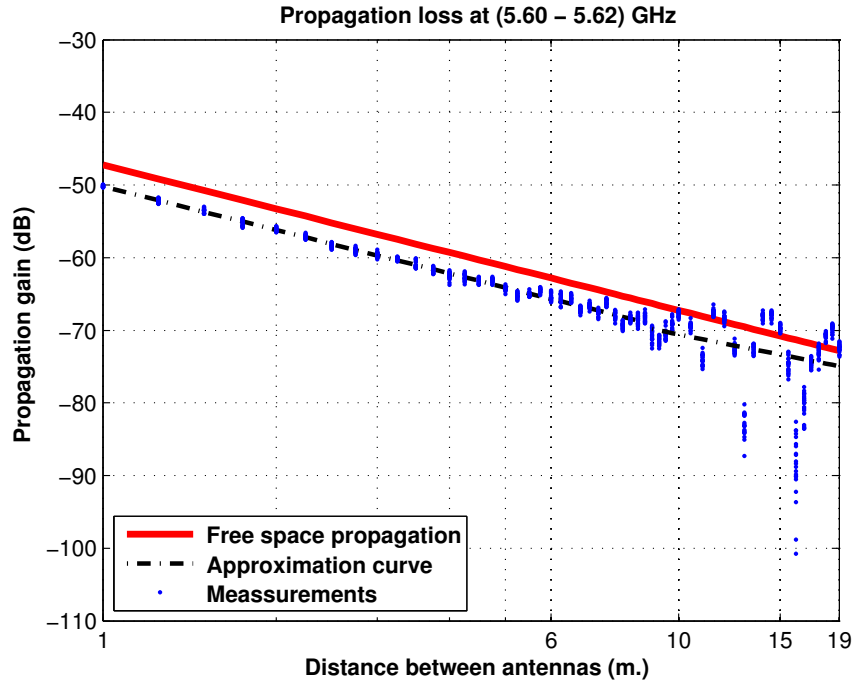


Figura 5.461: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,20 + 19,88 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 69,84 + 15,77 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.58$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.462 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (93 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.50$) y otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-1.10$, $\sigma=0.95$). La Figura 5.463 representa su correspondiente CDF.

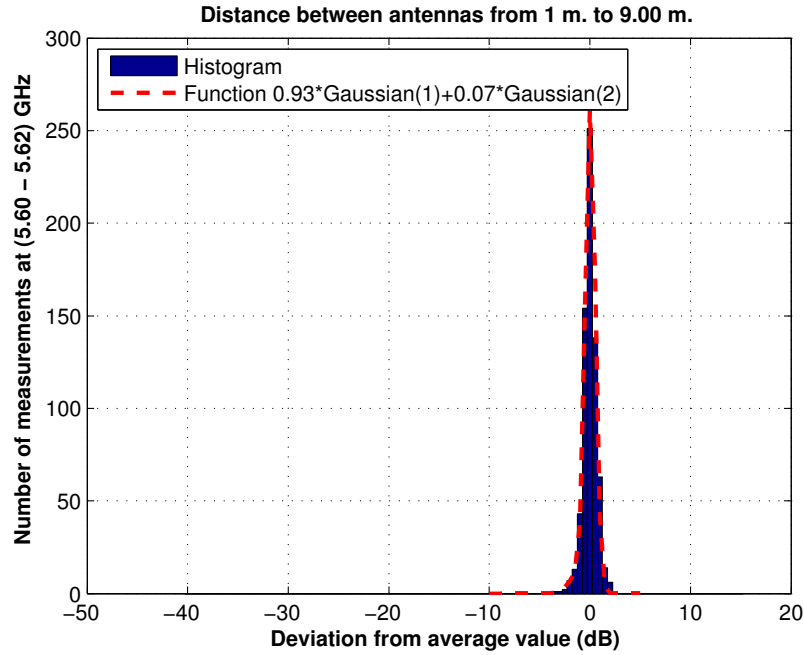


Figura 5.462: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

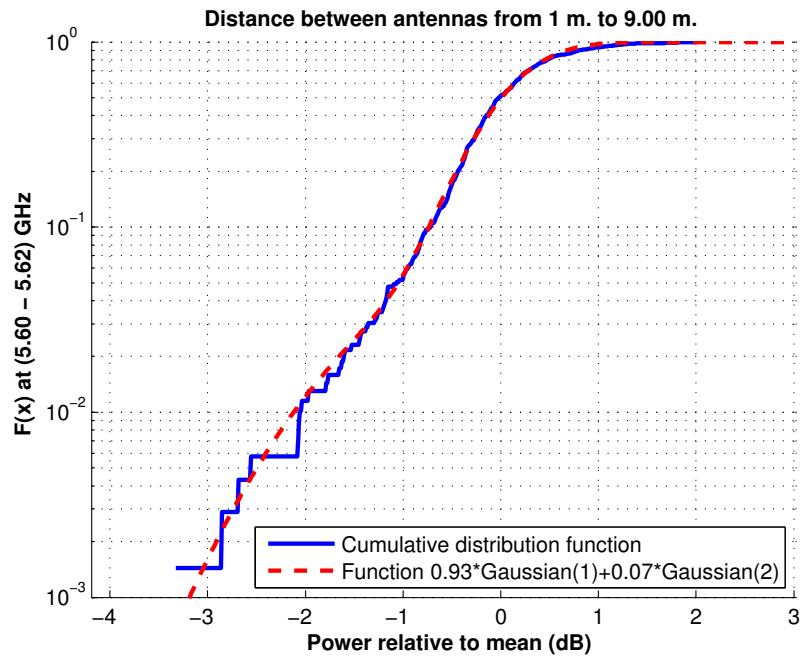


Figura 5.463: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.464 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (38 %, $\mu=3.00$, $\sigma=1.30$), otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.40$, $\sigma=1.90$) y una Función Rayleigh (12 %, $\sigma=0.12$). La Figura 5.465 representa su correspondiente CDF.

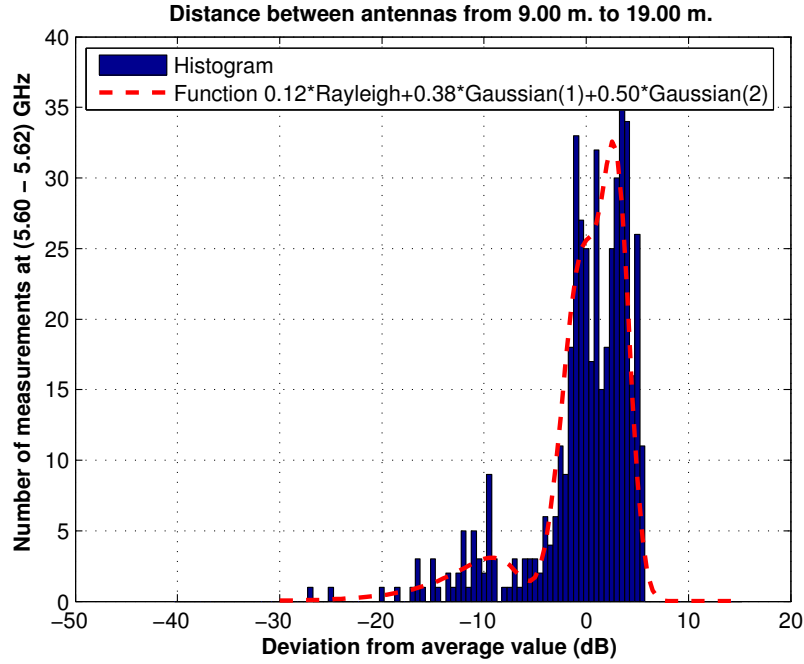


Figura 5.464: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

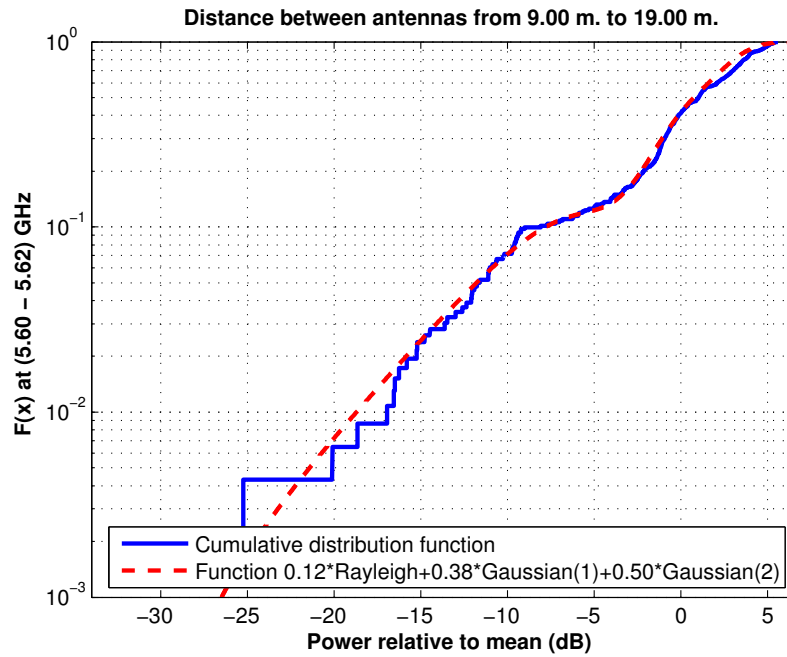


Figura 5.465: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.466 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

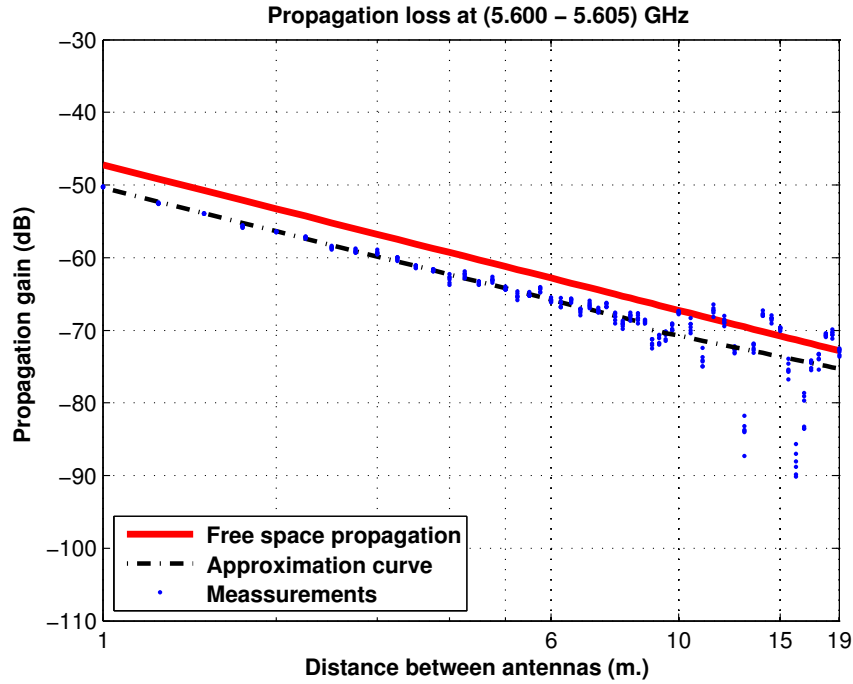


Figura 5.466: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,40 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 70,00 + 16,35 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.64$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.467 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.45$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.10$, $\sigma=1.00$). La Figura 5.468 representa su correspondiente CDF.

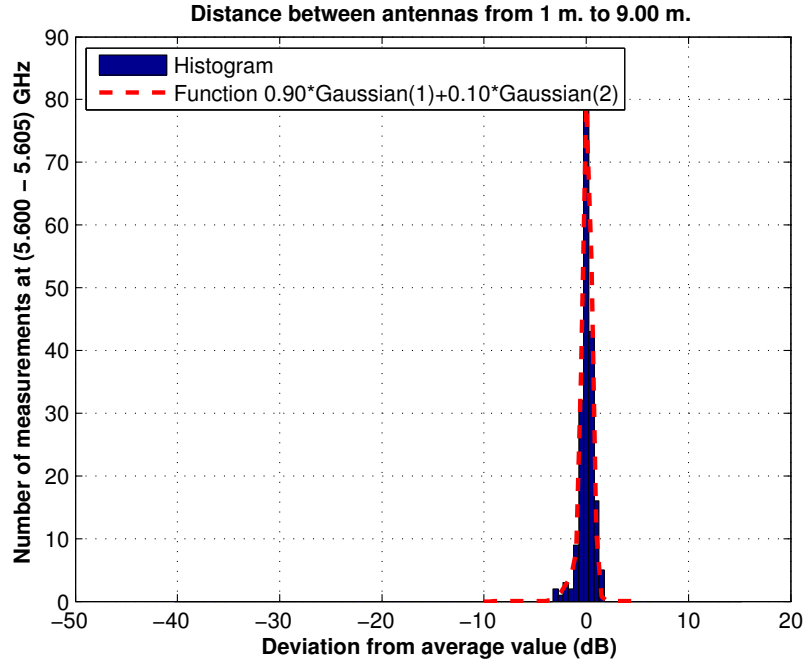


Figura 5.467: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

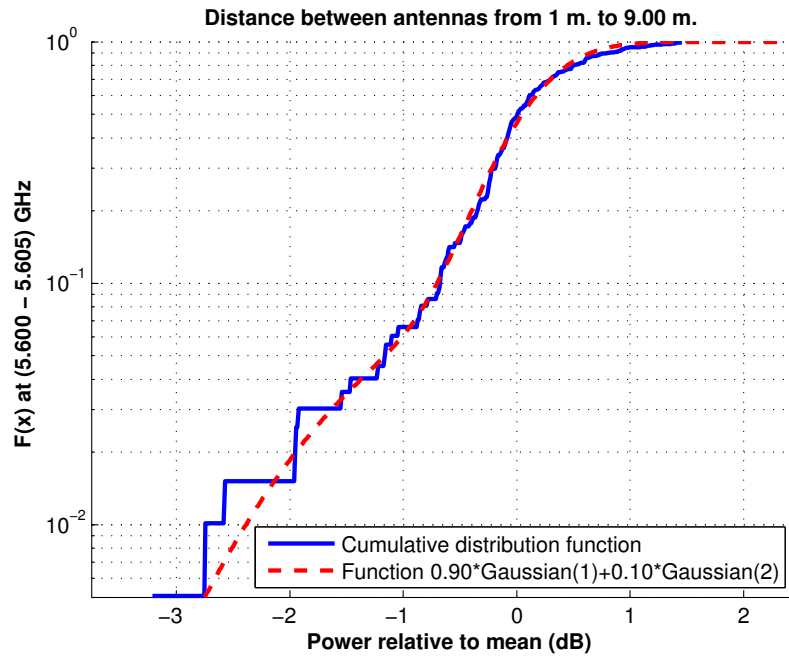


Figura 5.468: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.469 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=1.50$, $\sigma=2.40$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-12.50$, $\sigma=2.20$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.470 representa su correspondiente CDF.

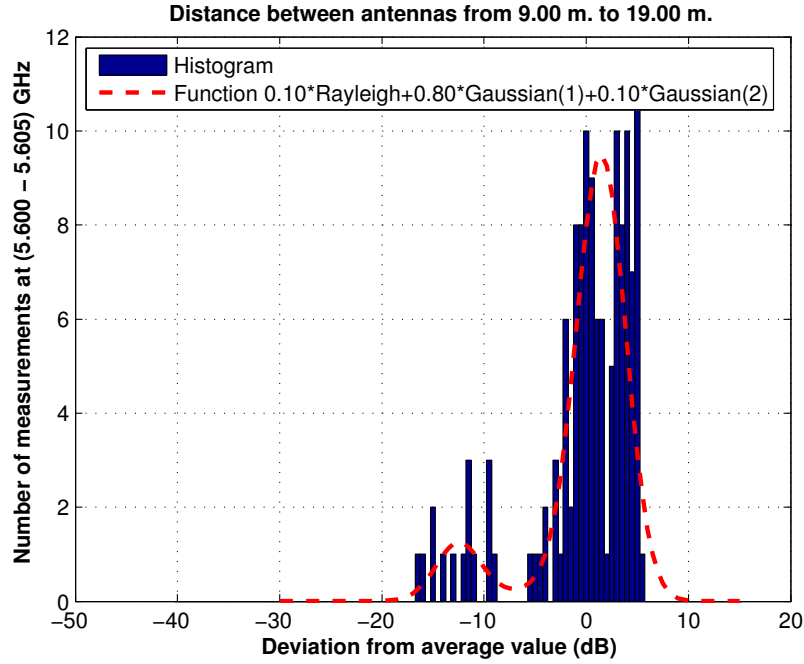


Figura 5.469: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

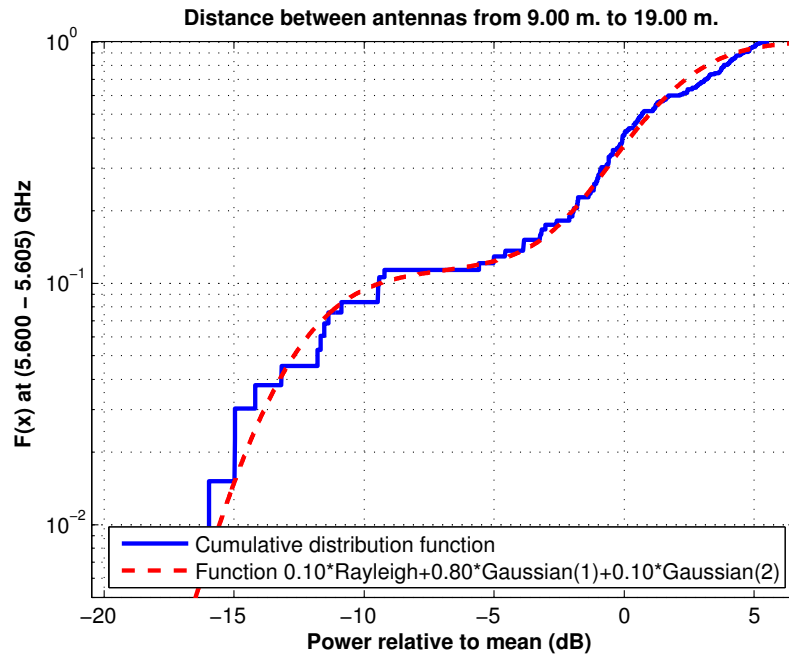


Figura 5.470: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 3, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.471 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

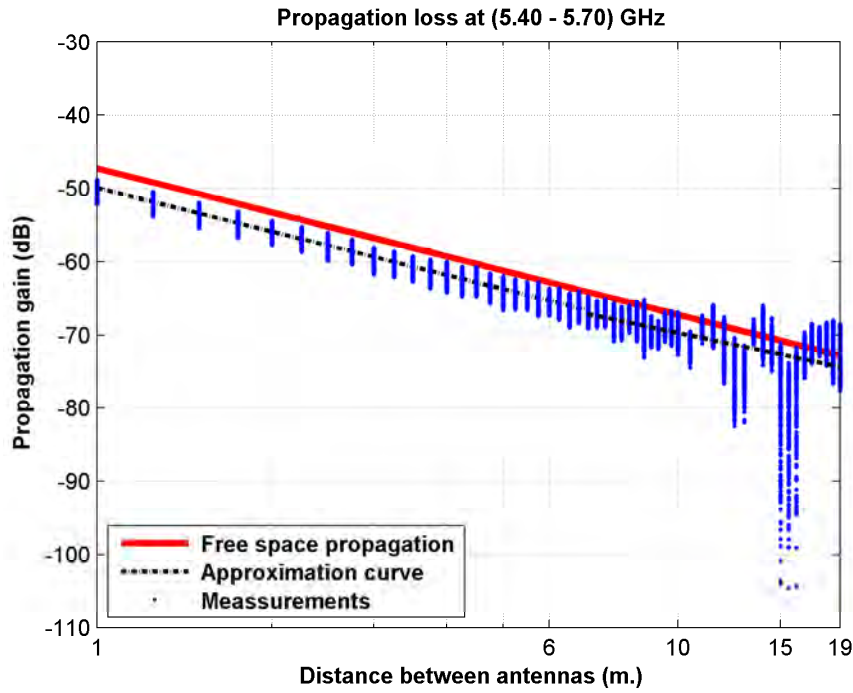


Figura 5.471: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,92 + 19,75 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 67,13 + 16,65 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.67$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.472 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (62 %, $\mu=0.75$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (38 %, $\mu=-1.05$, $\sigma=0.65$). La Figura 5.473 representa su correspondiente CDF.

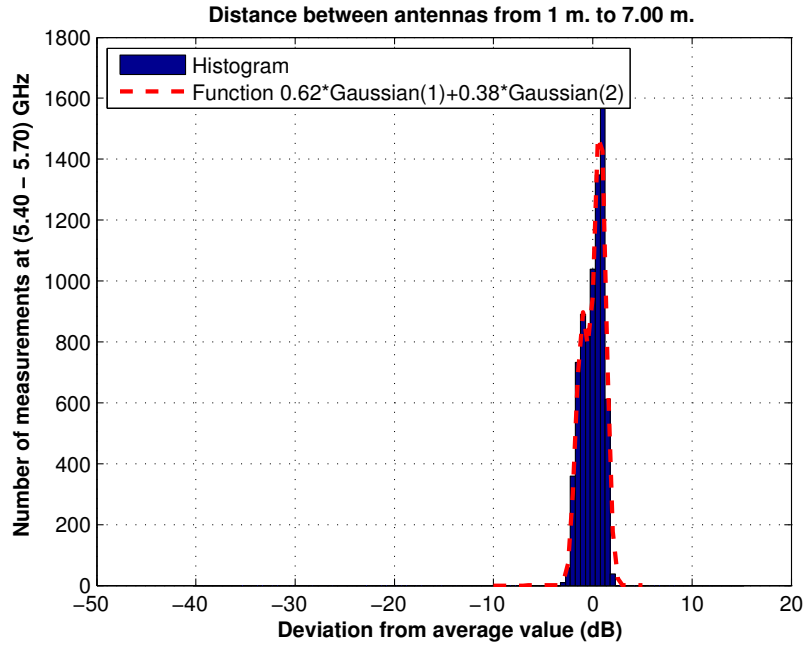


Figura 5.472: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

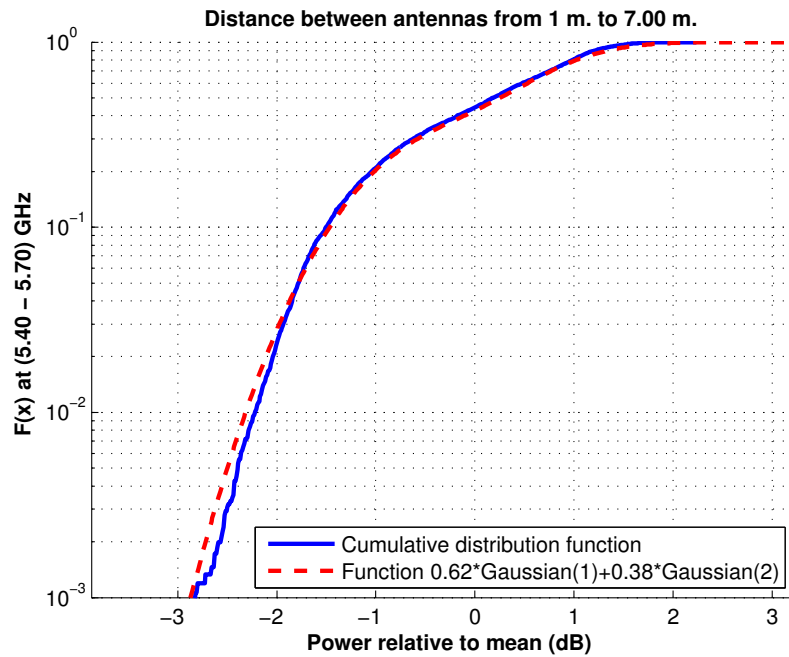


Figura 5.473: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.474 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (83 %, $\mu=0.50$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=4.50$, $\sigma=1.00$) y una Función Rayleigh (12 %, $\sigma=0.40$). La Figura 5.475 representa su correspondiente CDF.

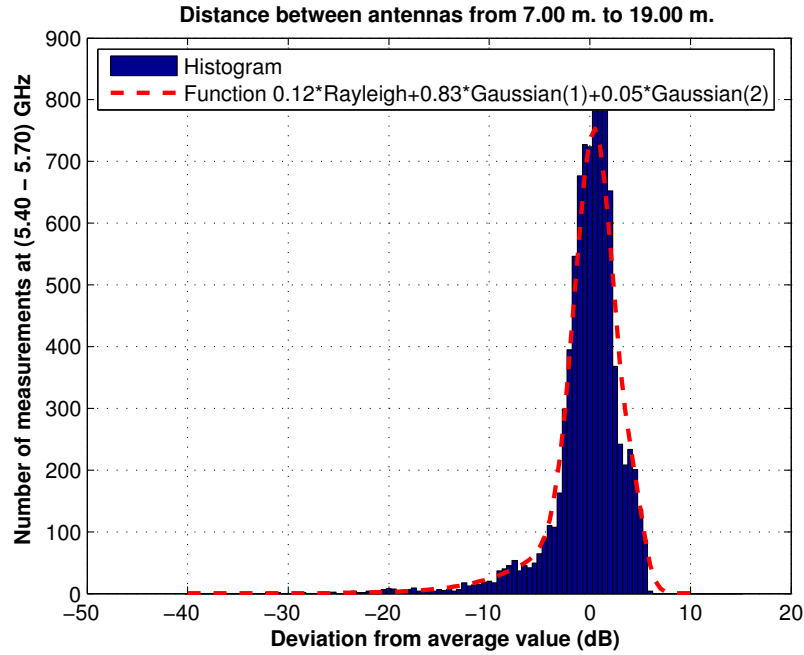


Figura 5.474: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

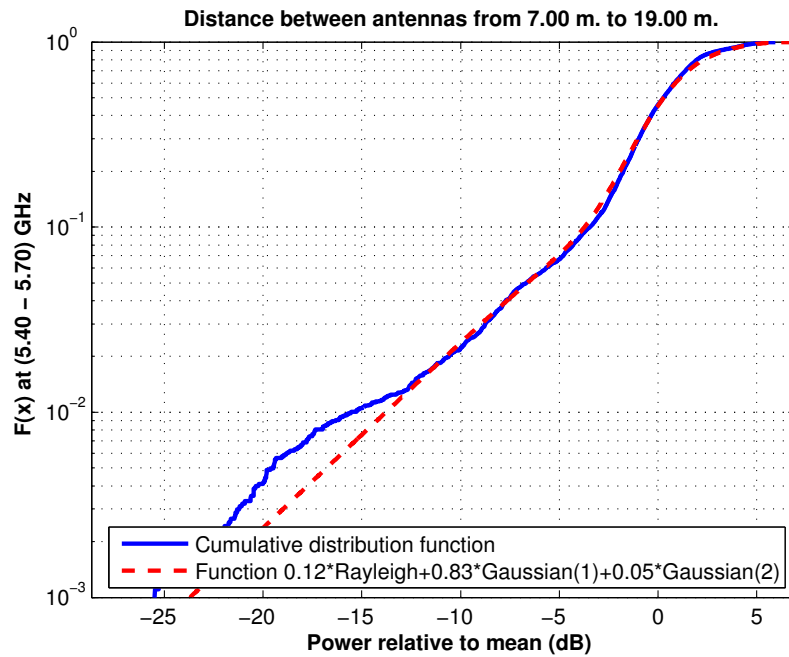


Figura 5.475: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.476 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

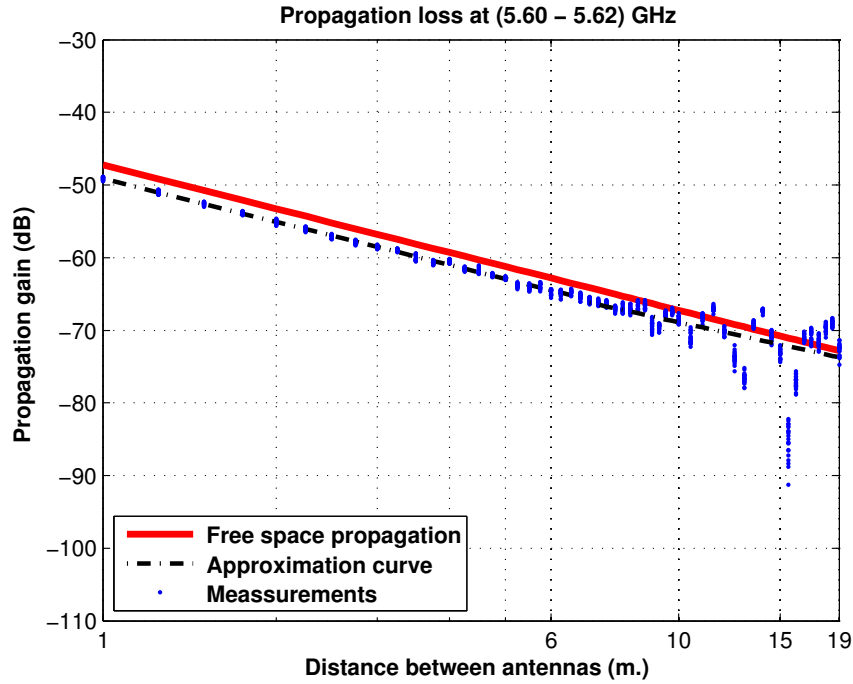


Figura 5.476: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,14 + 19,72 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 66,21 + 17,35 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.74$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.477 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (97 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-0.70$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.478 representa su correspondiente CDF.

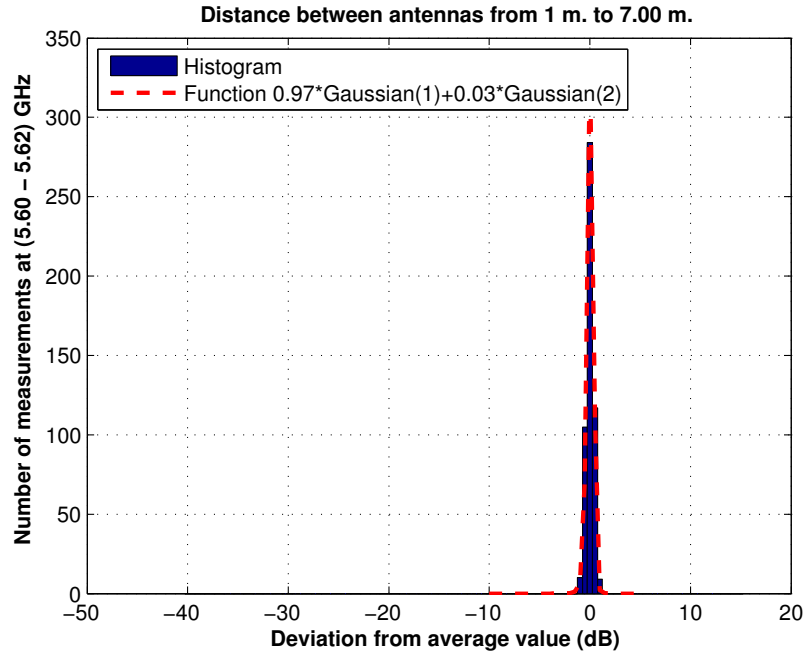


Figura 5.477: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

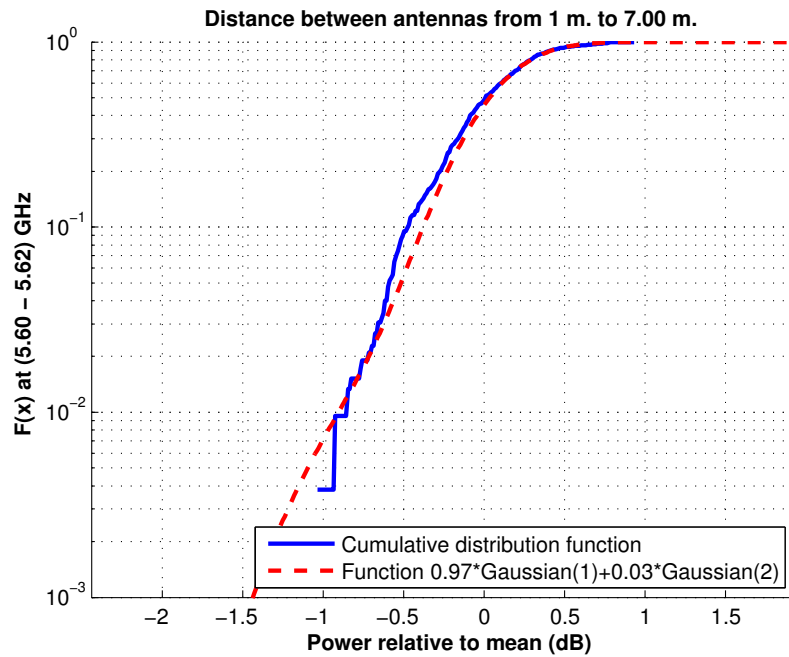


Figura 5.478: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.479 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=1.50$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (20 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.480 representa su correspondiente CDF.

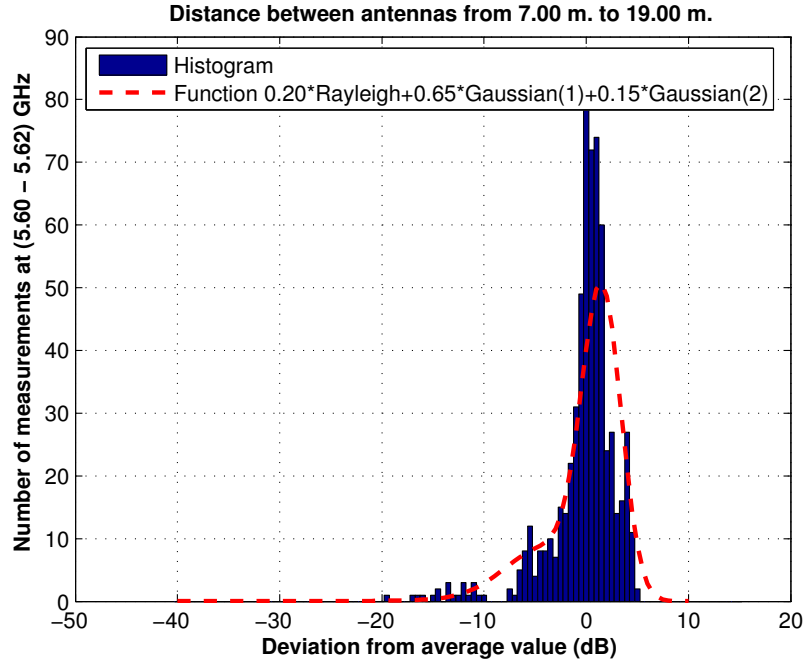


Figura 5.479: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

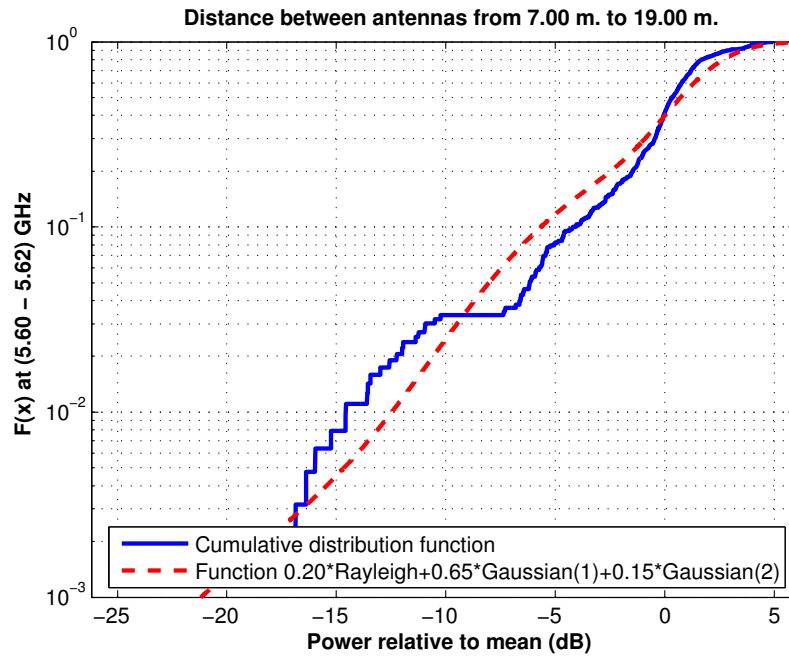


Figura 5.480: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.481 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

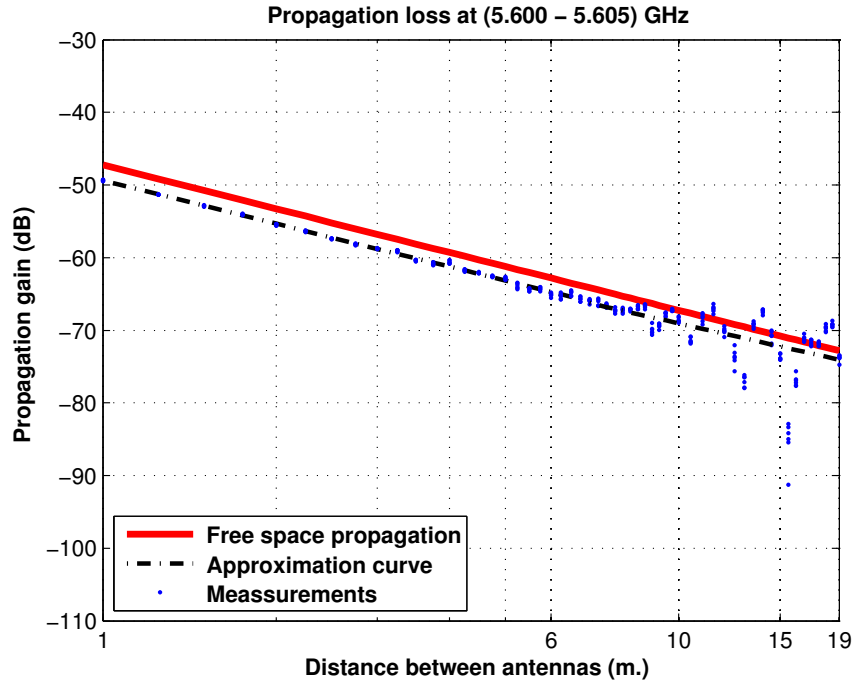


Figura 5.481: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,40 + 19,67 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 66,25 + 18,02 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.80$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.482 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.26$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.25$). La Figura 5.483 representa su correspondiente CDF.

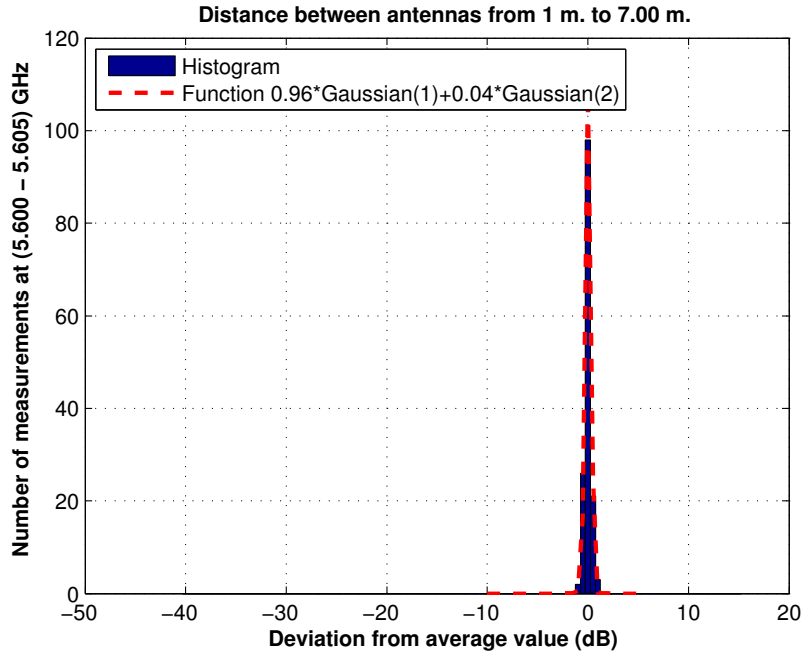


Figura 5.482: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

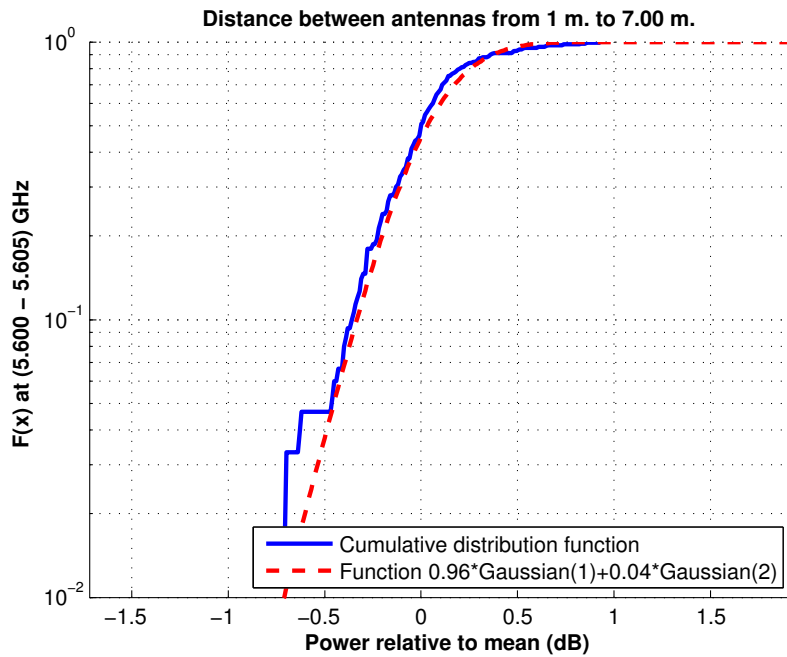


Figura 5.483: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.484 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (65 %, $\mu=1.40$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-5.50$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.485 representa su correspondiente CDF.

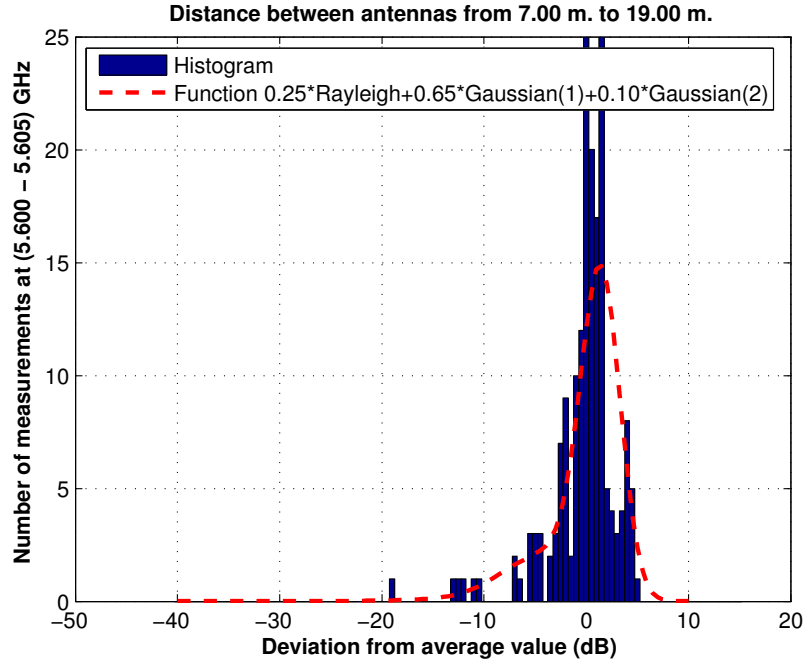


Figura 5.484: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

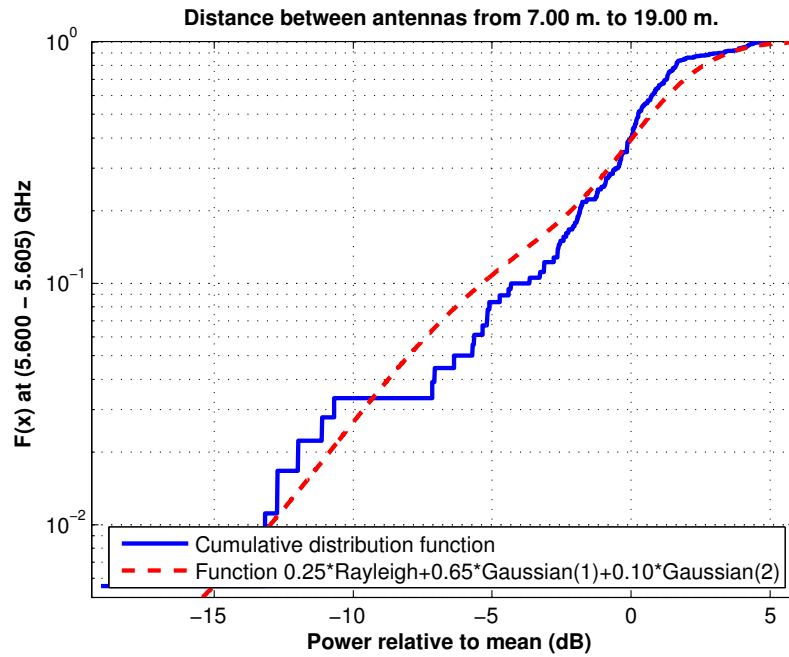


Figura 5.485: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.486 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

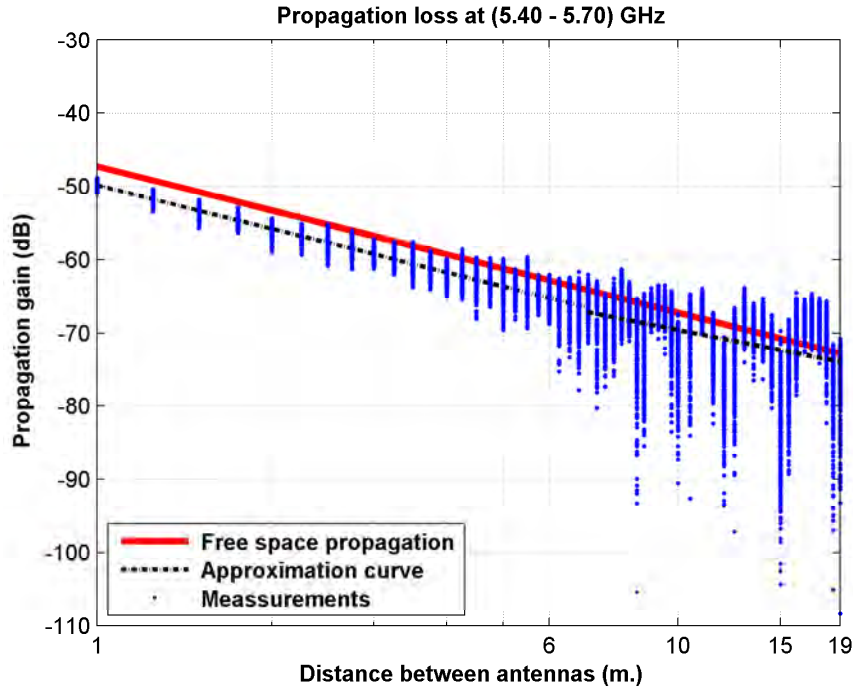


Figura 5.486: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,80 + 19,83 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 67,18 + 15,57 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.56$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.487 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (89 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.15$) y otra Función Gaussiana (11 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=3.00$). La Figura 5.488 representa su correspondiente CDF.

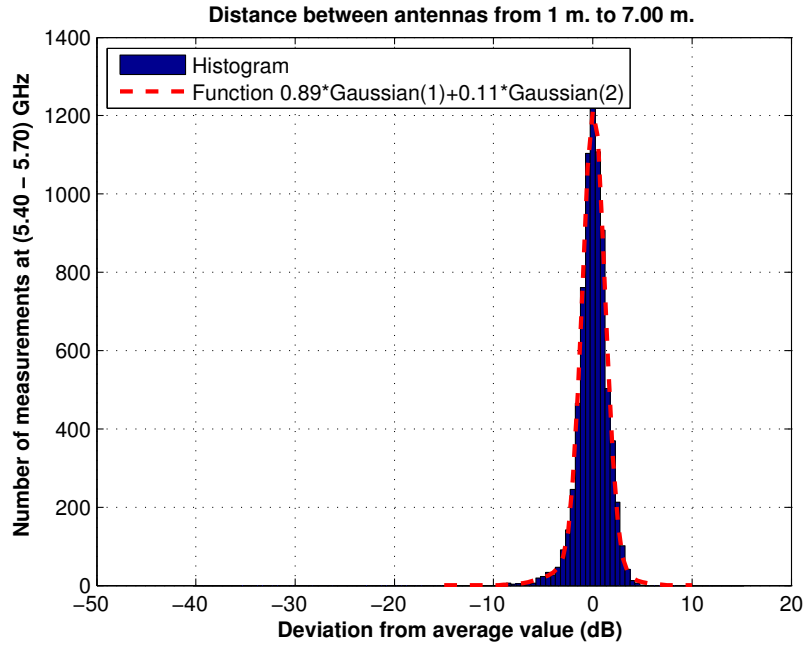


Figura 5.487: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

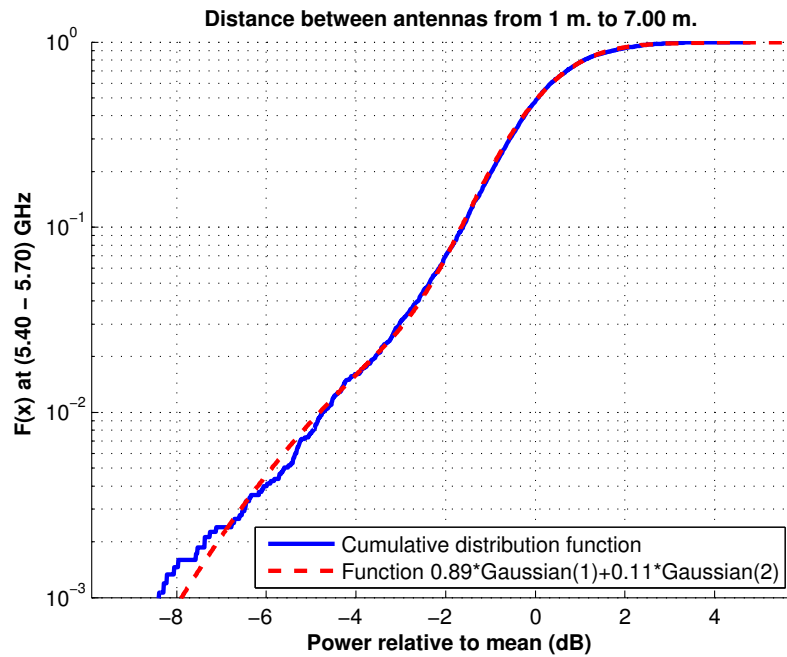


Figura 5.488: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.489 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.00$, $\sigma=2.10$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-4.50$, $\sigma=5.00$) y una Función Rayleigh (50 %, $\sigma=1.15$). La Figura 5.490 representa su correspondiente CDF.

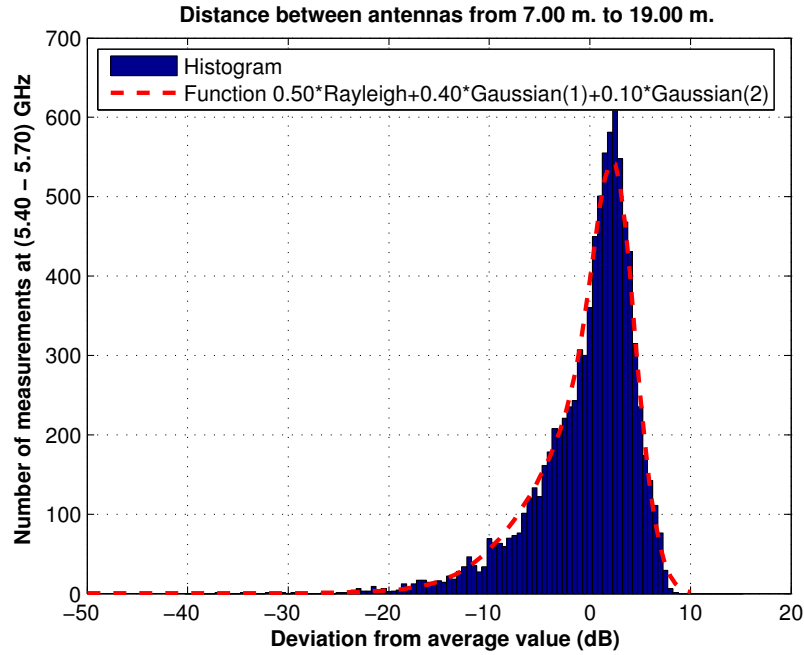


Figura 5.489: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

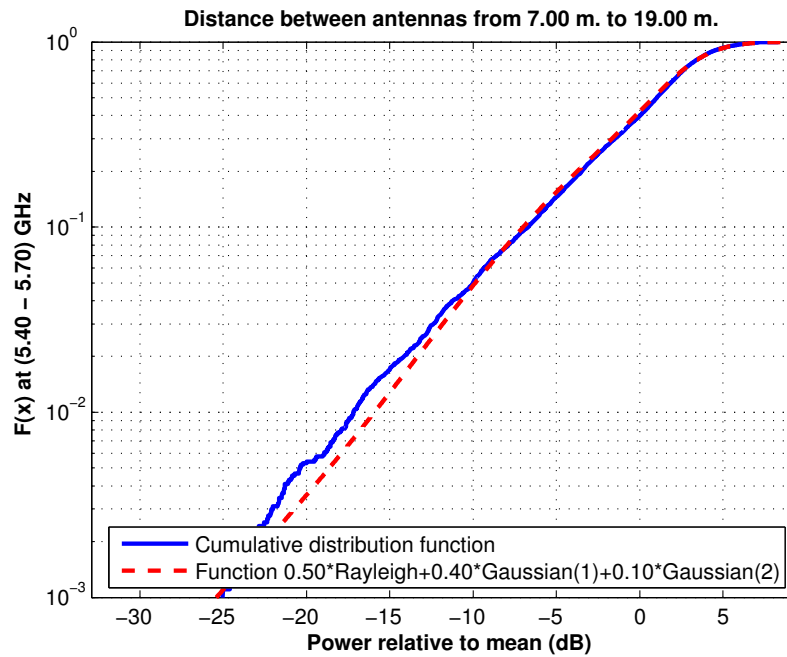


Figura 5.490: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.491 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

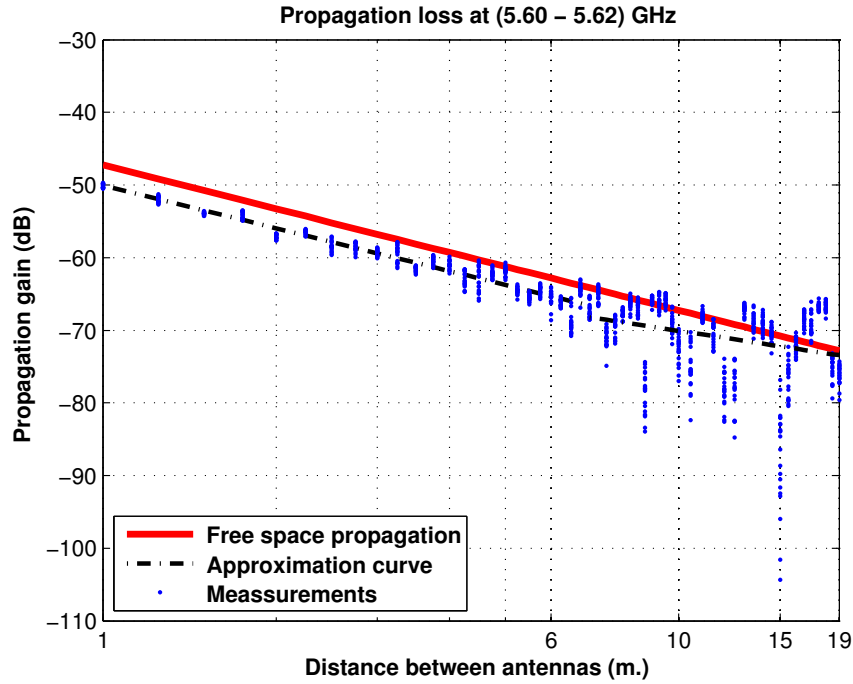


Figura 5.491: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,04 + 19,62 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 68,21 + 12,05 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.96$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.20$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.492 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (97 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.05$) y otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-3.60$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.493 representa su correspondiente CDF.

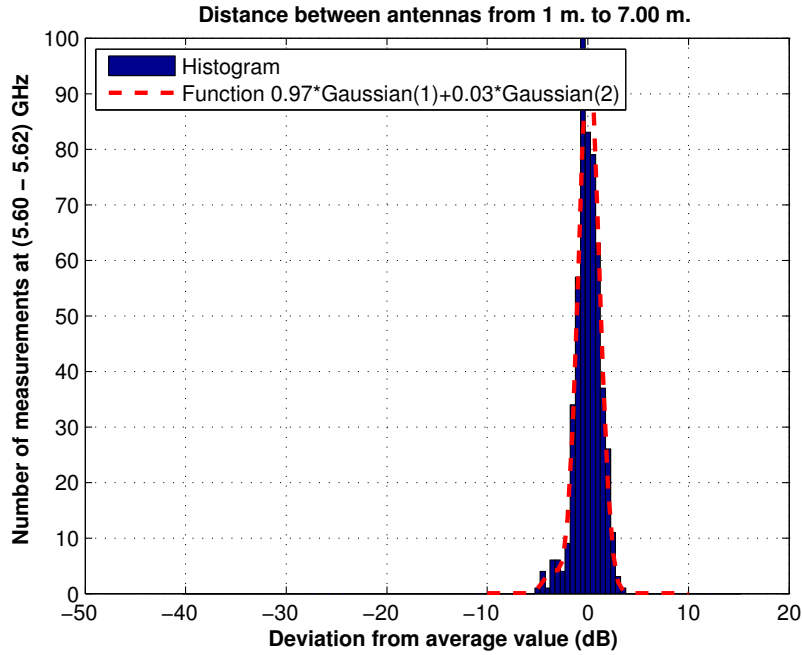


Figura 5.492: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

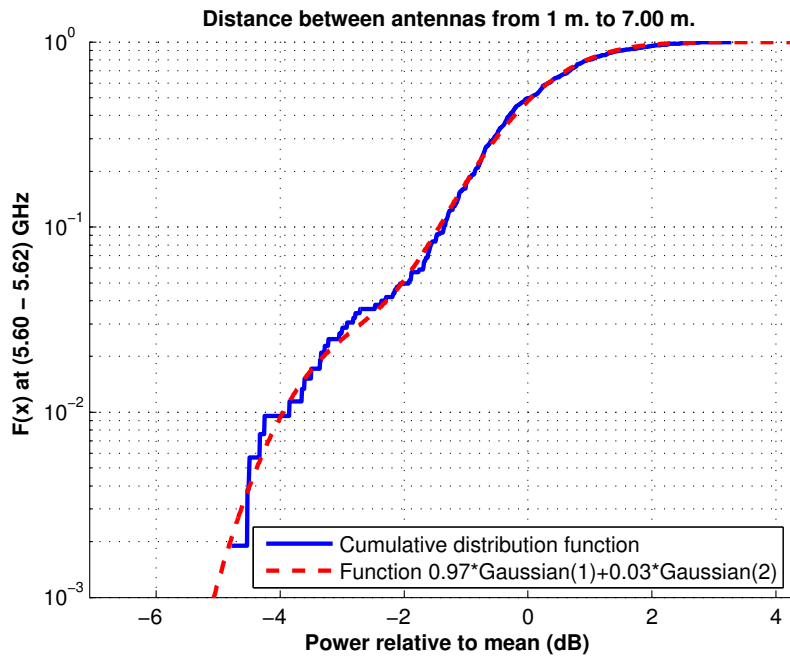


Figura 5.493: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.494 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=3.30$, $\sigma=1.70$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=12.00$) y una Función Rayleigh (55 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.495 representa su correspondiente CDF.

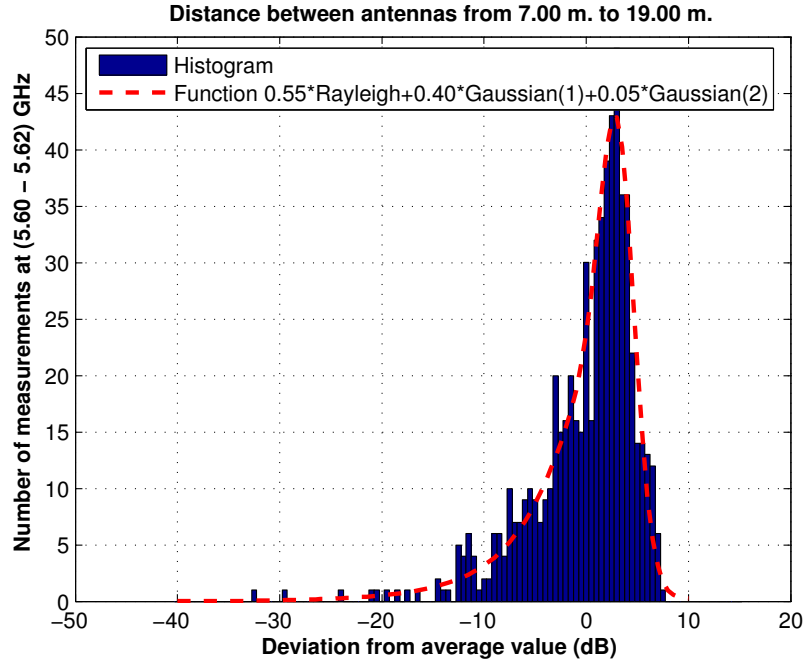


Figura 5.494: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

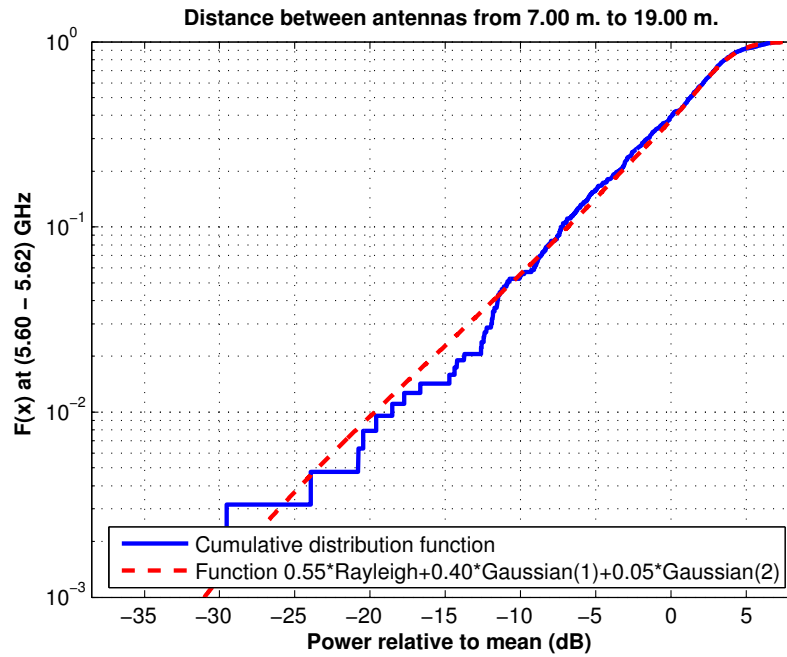


Figura 5.495: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.496 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

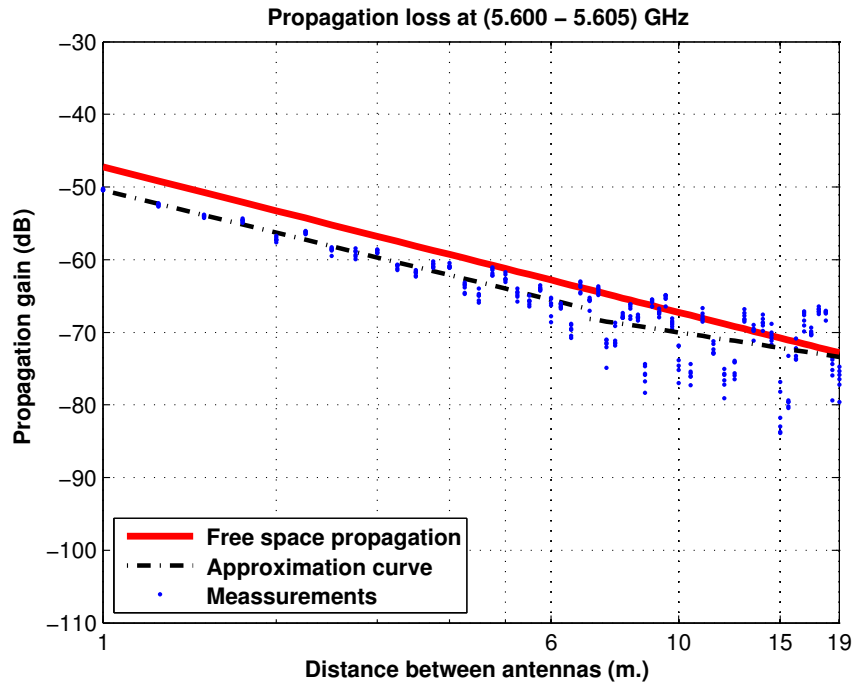


Figura 5.496: Pérdidas del pasillo con taquillas de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,48 + 19,33 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 68,15 + 12,07 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.93$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.21$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.497 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.05$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-3.30$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.498 representa su correspondiente CDF.

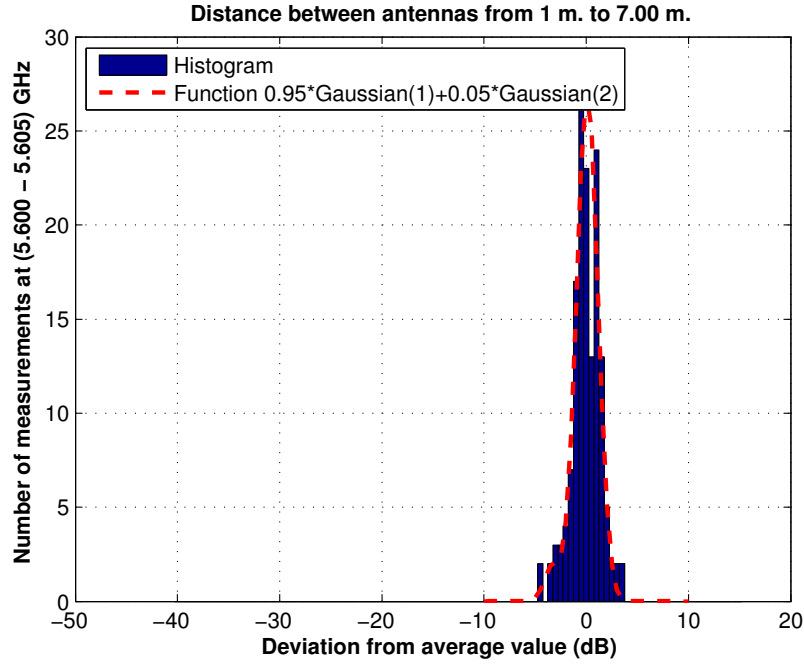


Figura 5.497: Histograma 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

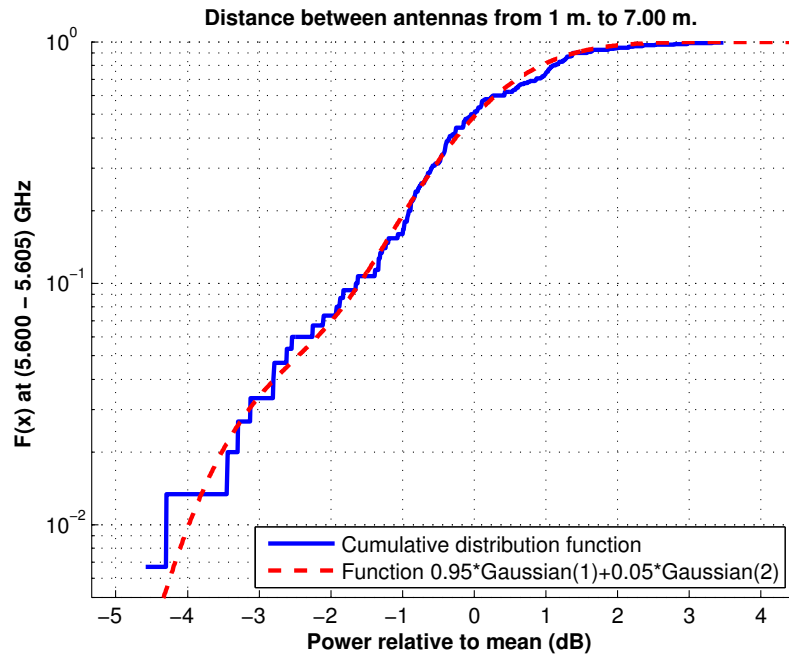


Figura 5.498: CDF 1 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.499 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=2.80$, $\sigma=1.70$), otra Función Gaussiana (40 %, $\mu=-4.30$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (5 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.500 representa su correspondiente CDF.

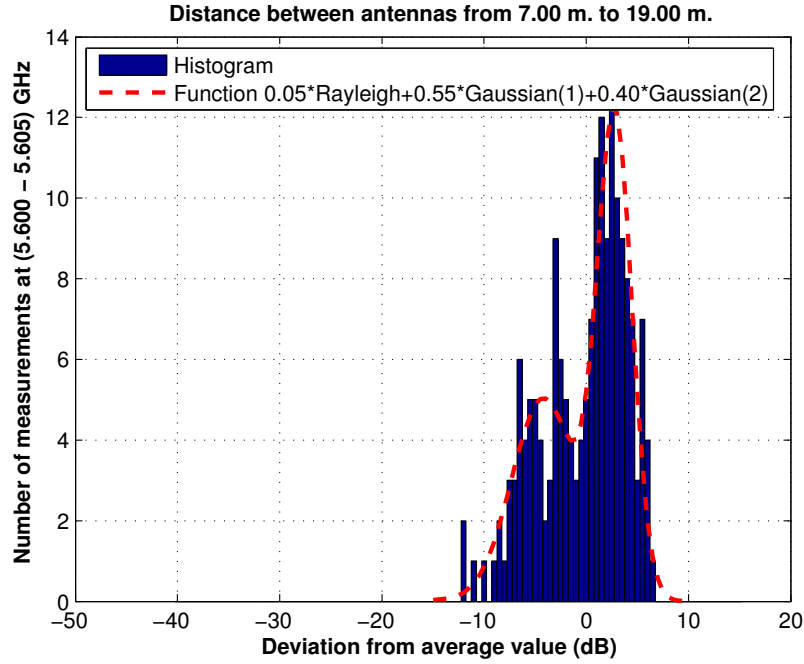


Figura 5.499: Histograma 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

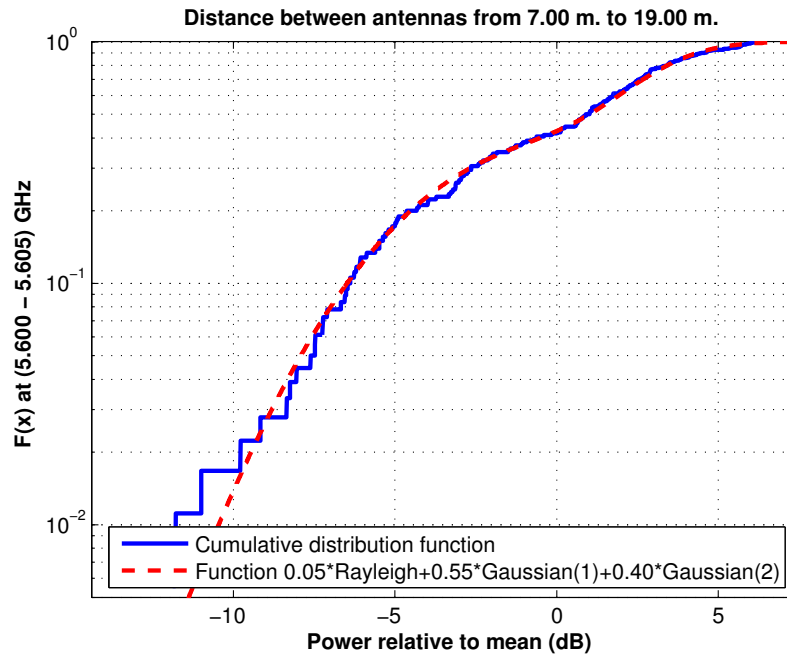


Figura 5.500: CDF 2 en pasillo con taquillas de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

5.2.3. Escenario 14: Pasillo corto frente a despacho, Planta 3, Edificio A

Entorno: Pasillo frente al despacho de la Planta 3 del Edificio A. En azul se representa el espacio libre que hay a ambos lados de este pasillo.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las antenas 1 y 4 como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz.

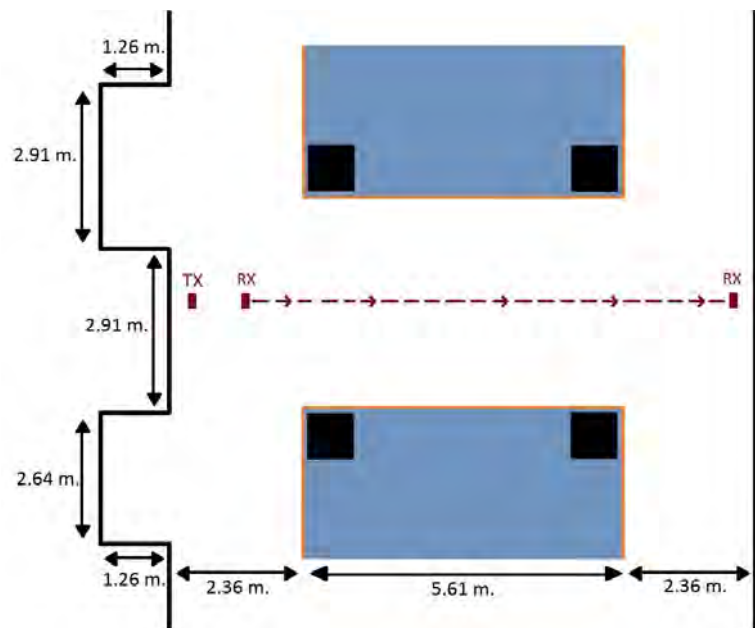


Figura 5.501: Plano del pasillo frente despacho, Planta 3, Edificio A



Figura 5.502: Foto del pasillo frente despacho, Planta 3, Edificio A

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.503 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

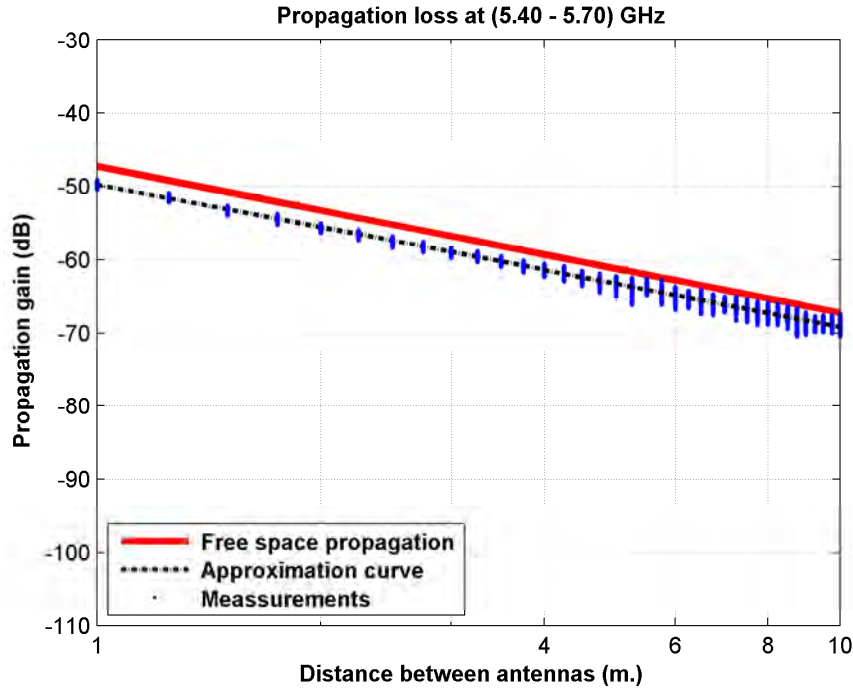


Figura 5.503: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,76 + 19,22 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,42 + 19,48 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.92$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.95$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.504 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.06$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.25$). La Figura 5.505 representa su correspondiente CDF.

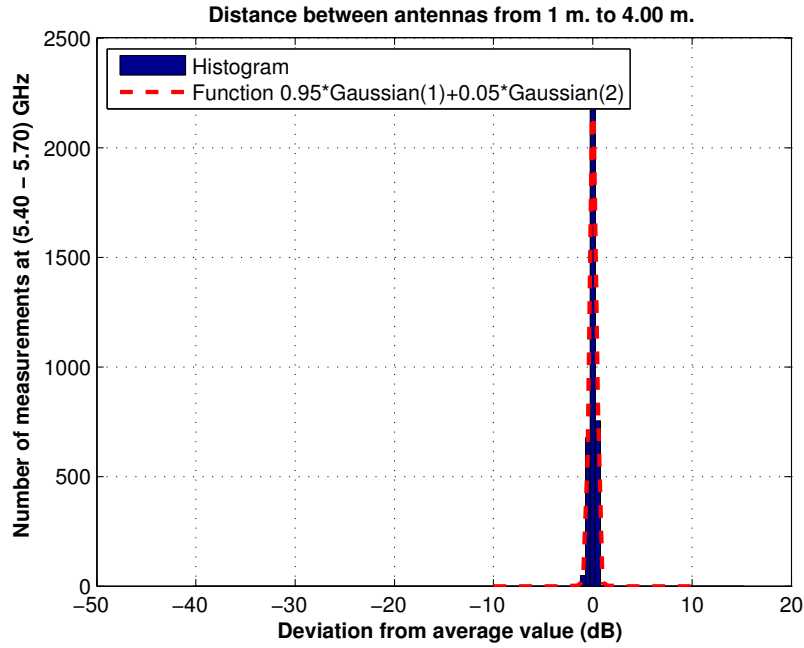


Figura 5.504: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

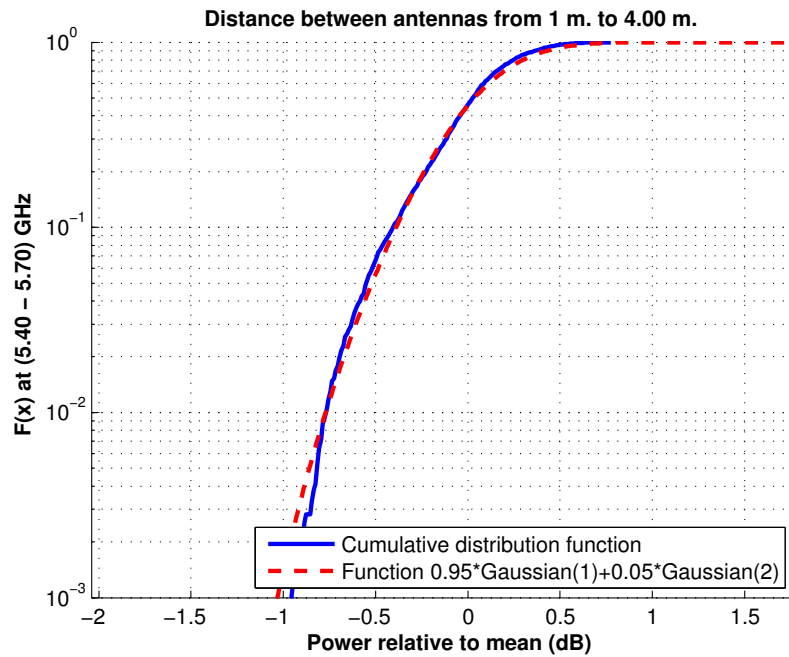


Figura 5.505: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.506 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=-0.25$, $\sigma=0.58$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-1.10$, $\sigma=0.75$). La Figura 5.507 representa su correspondiente CDF.

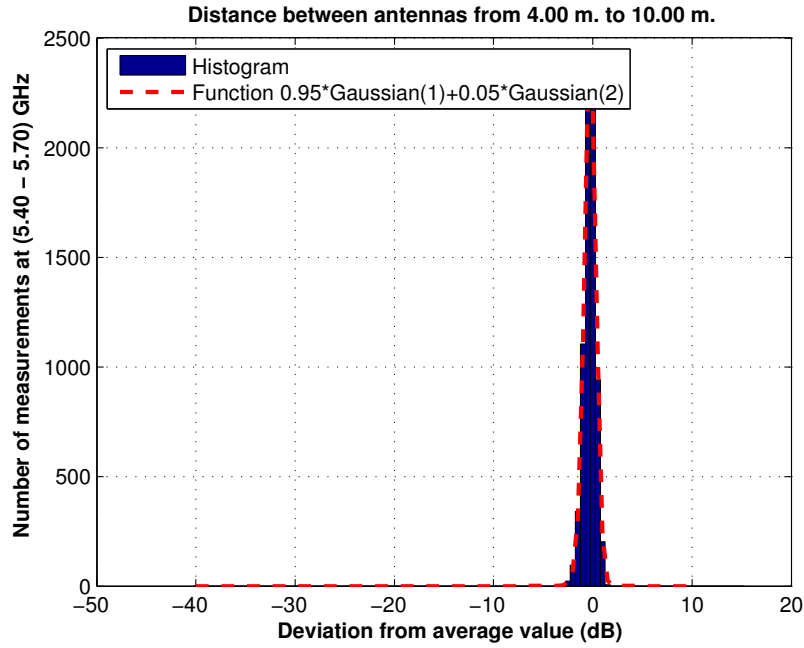


Figura 5.506: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

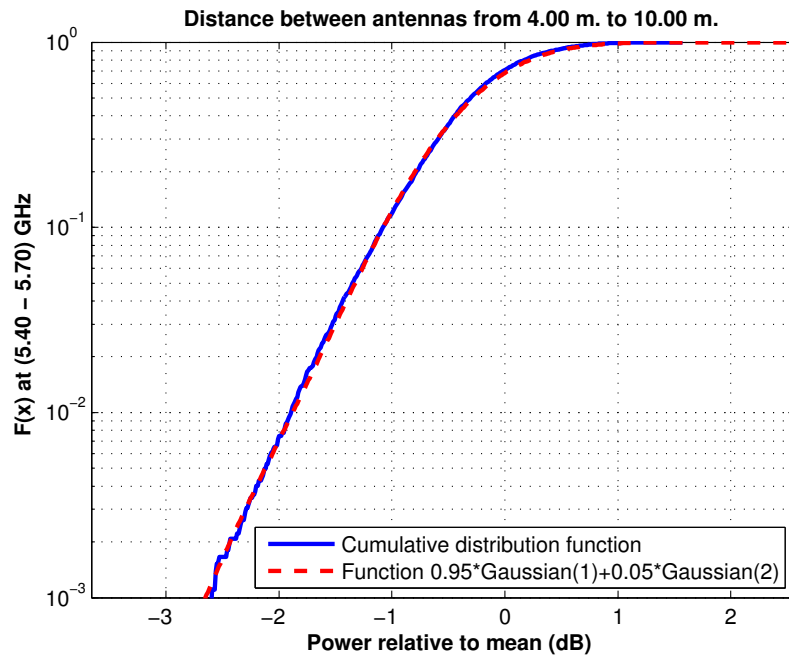


Figura 5.507: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.508 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

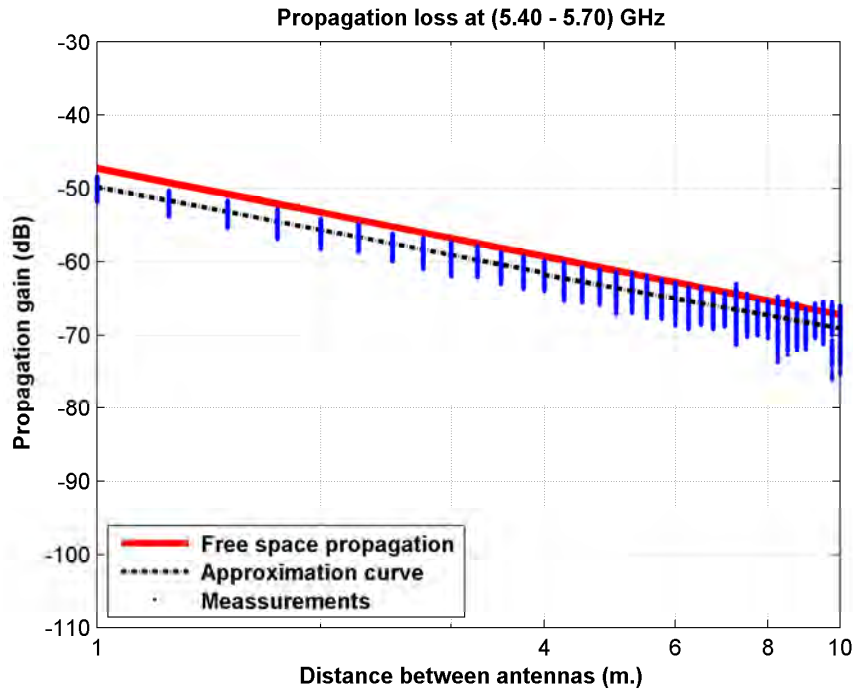


Figura 5.508: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,77 + 19,54 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,80 + 18,34 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.95$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.83$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.509 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.90$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.80$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.510 representa su correspondiente CDF.

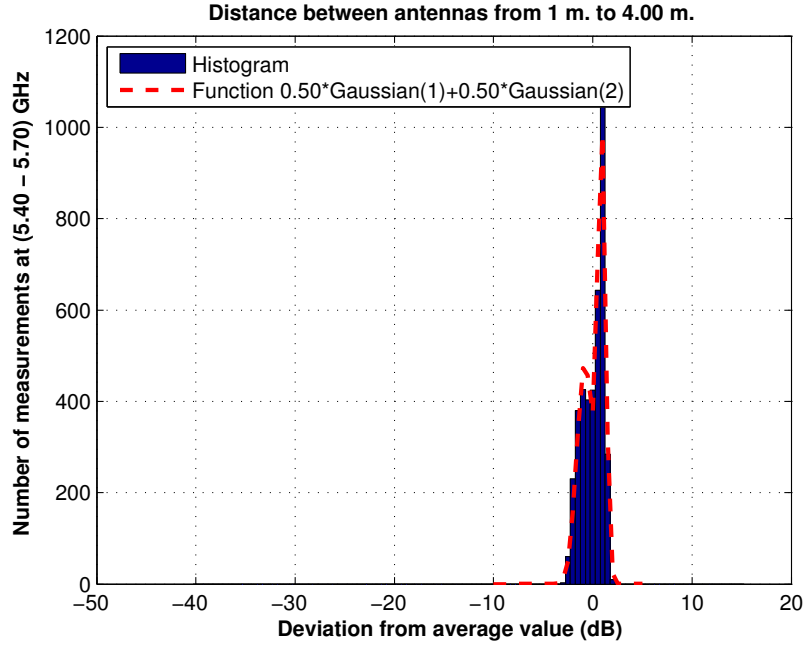


Figura 5.509: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

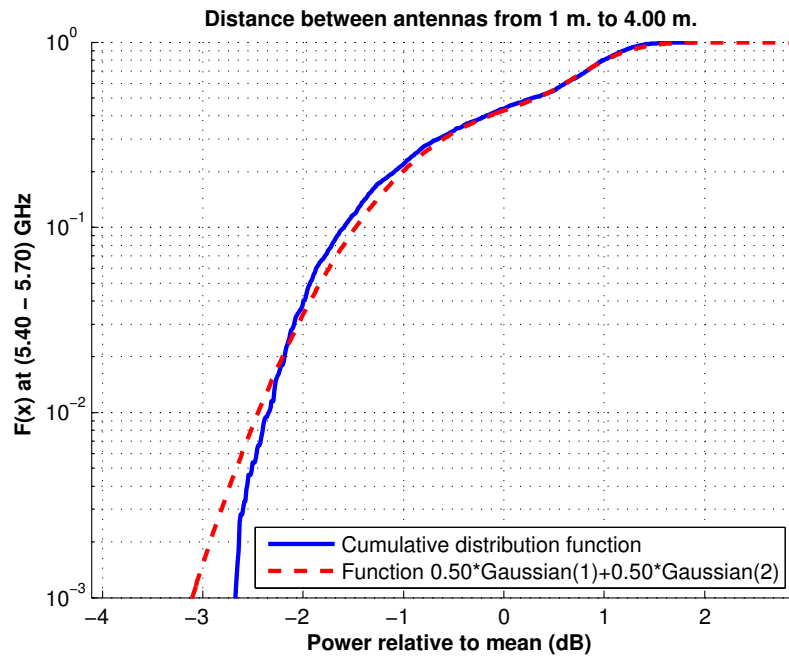


Figura 5.510: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.511 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (53 %, $\mu=0.75$, $\sigma=0.90$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-1.40$, $\sigma=1.25$) y una Función Rayleigh (2 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.512 representa su correspondiente CDF.

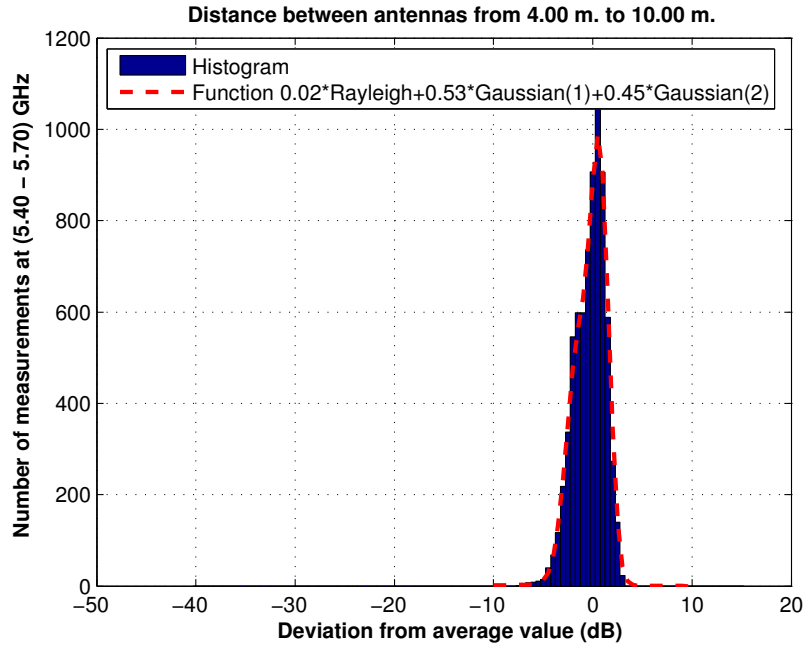


Figura 5.511: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

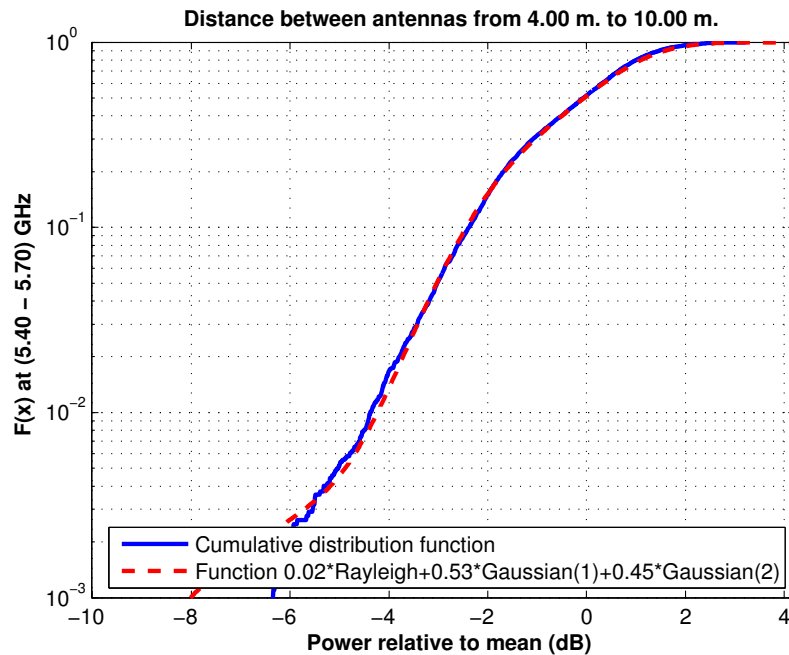


Figura 5.512: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.513 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

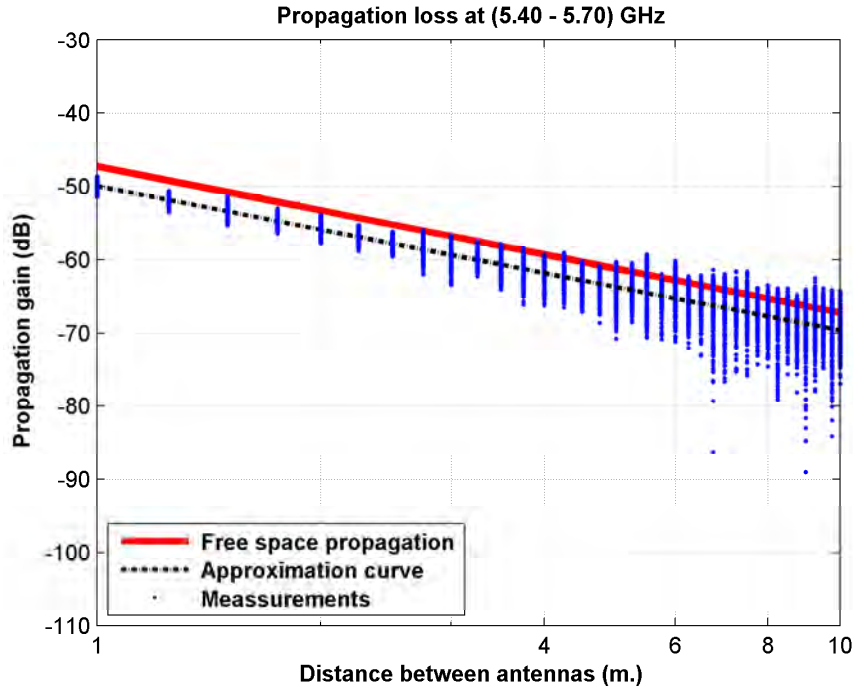


Figura 5.513: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,96 + 19,71 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,83 + 19,60 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.96$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.514 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.12$, $\sigma=0.95$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.515 representa su correspondiente CDF.

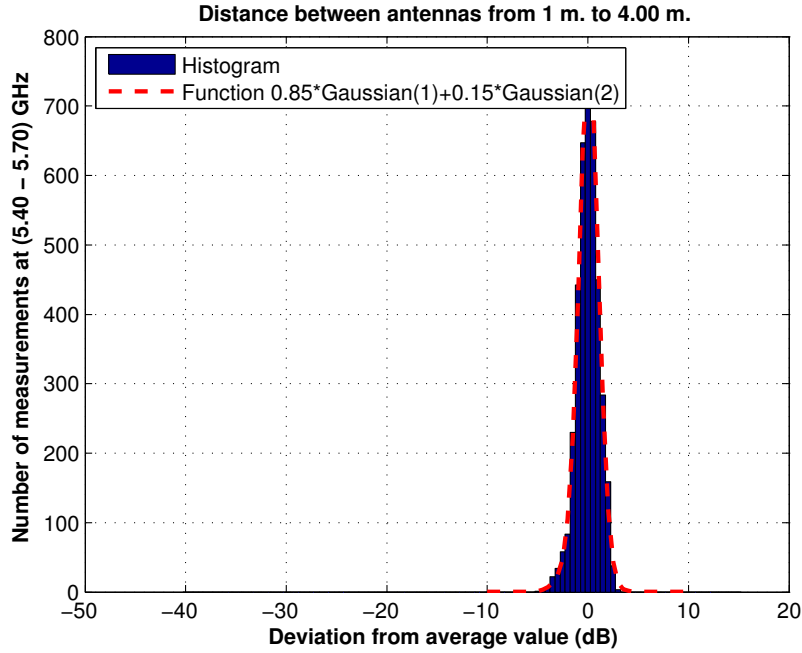


Figura 5.514: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

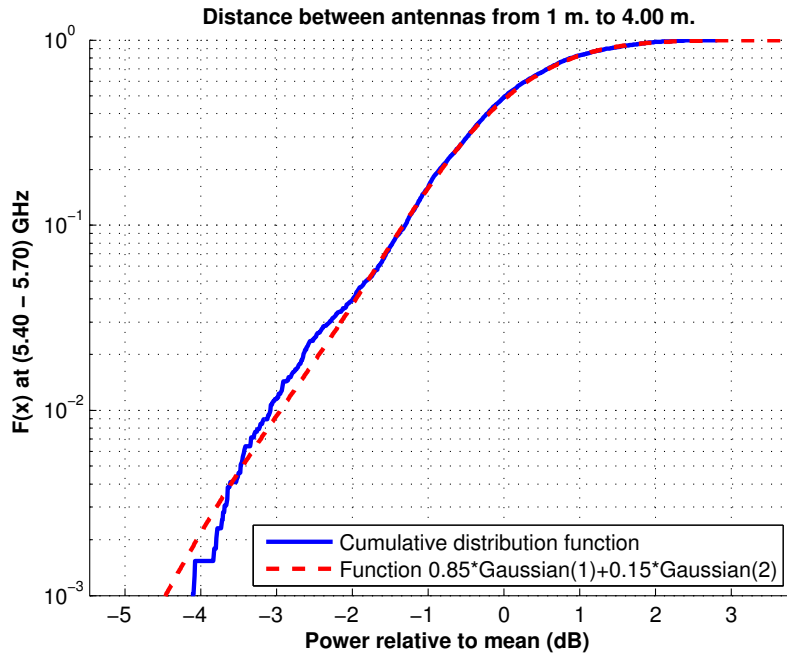


Figura 5.515: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.516 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (74 %, $\mu=0.30$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-1.80$, $\sigma=2.80$) y una Función Rayleigh (3 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.517 representa su correspondiente CDF.

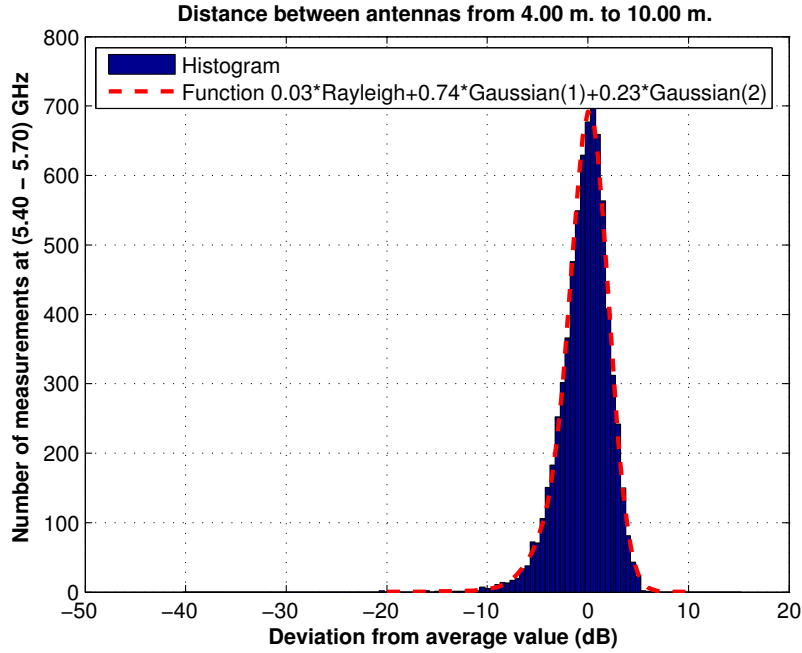


Figura 5.516: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

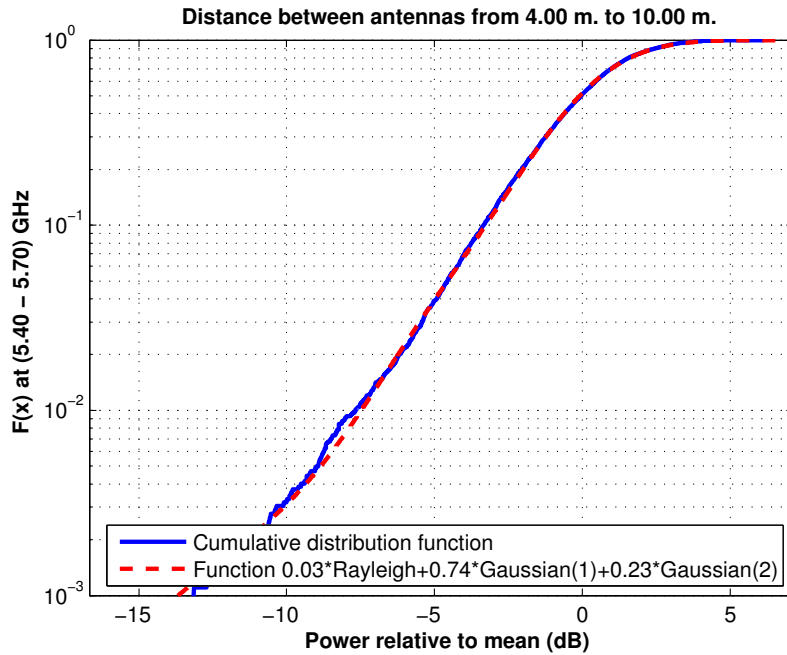


Figura 5.517: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.518 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

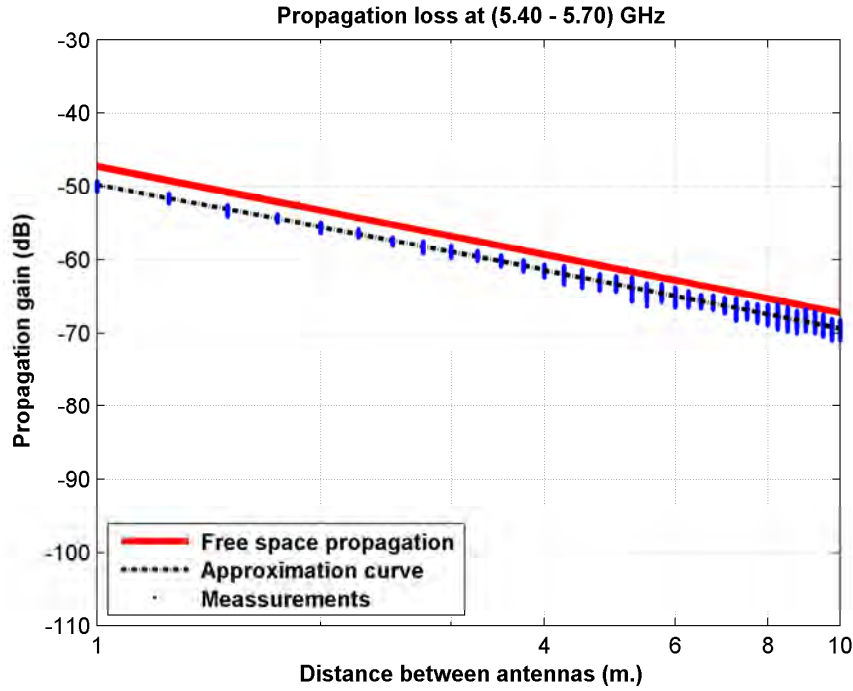


Figura 5.518: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,74 + 19,24 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,45 + 19,95 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.92$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.99$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.519 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=0.06$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=0.25$). La Figura 5.520 representa su correspondiente CDF.

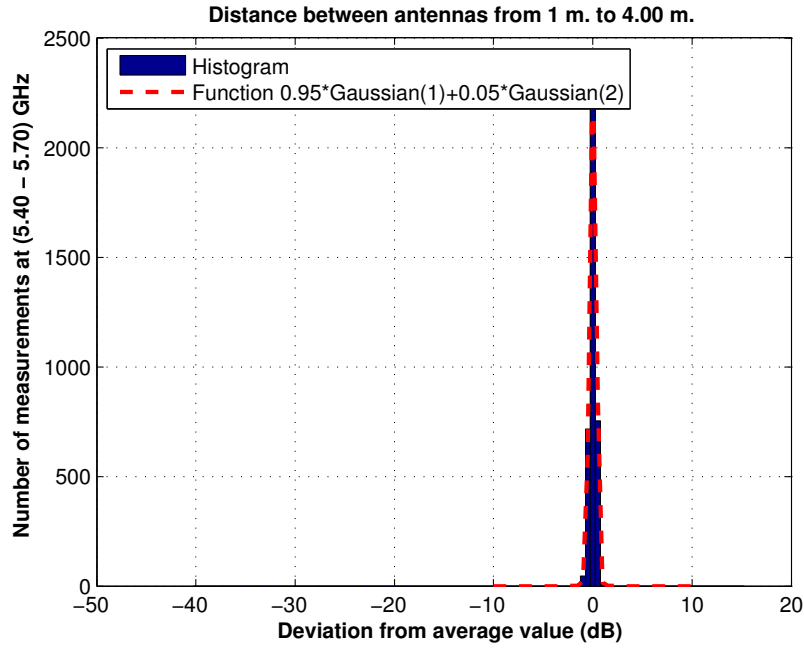


Figura 5.519: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

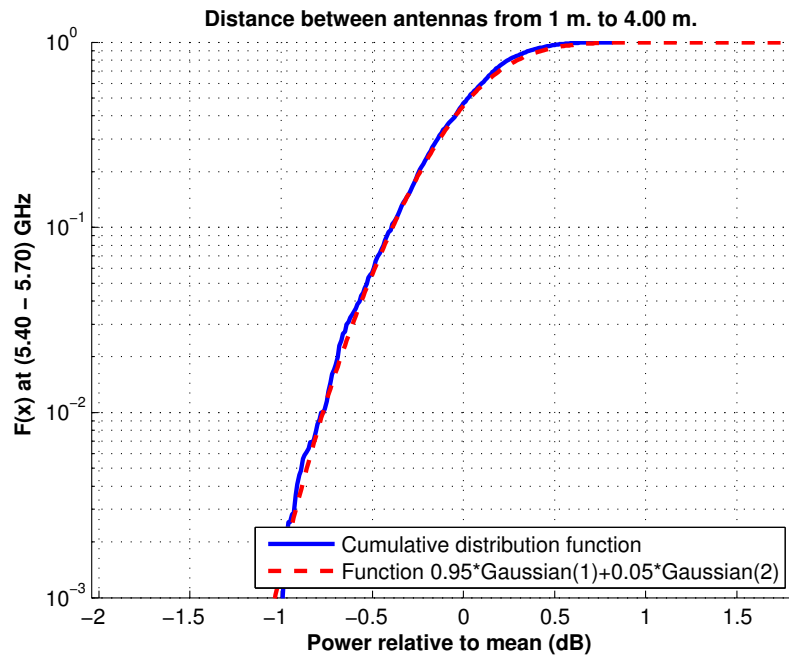


Figura 5.520: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.521 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (95 %, $\mu=-0.25$, $\sigma=0.58$) y otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-1.10$, $\sigma=0.75$). La Figura 5.522 representa su correspondiente CDF.

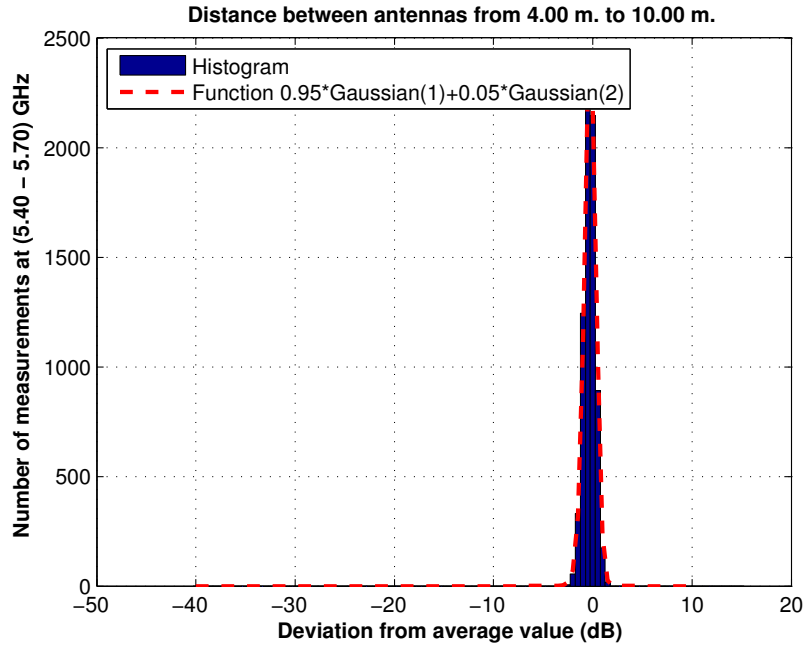


Figura 5.521: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

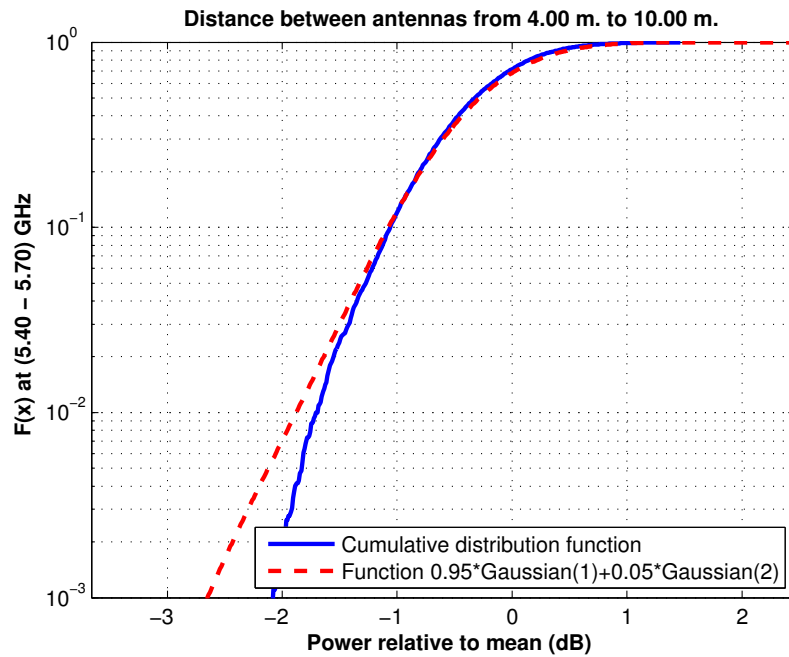


Figura 5.522: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.523 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

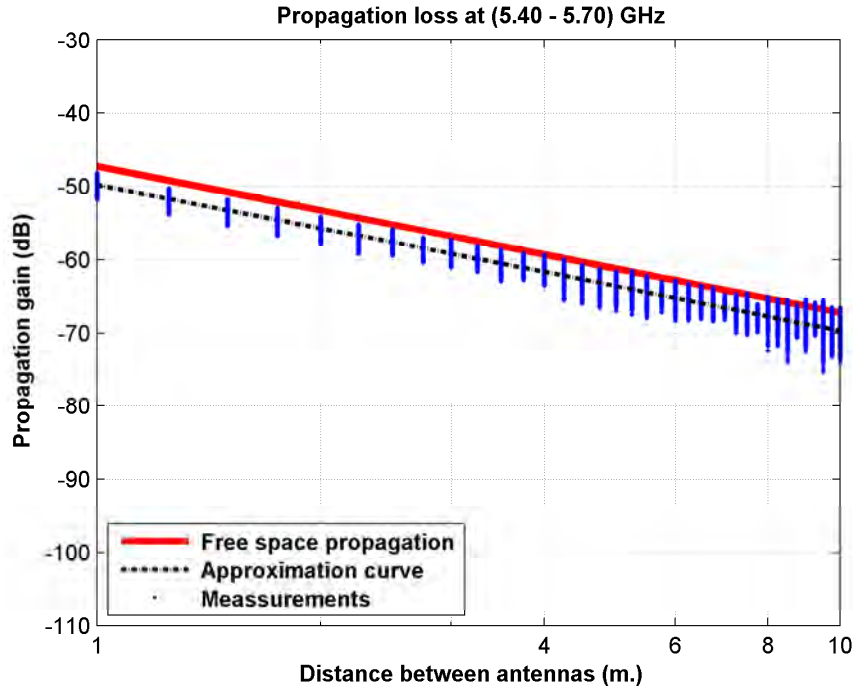


Figura 5.523: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,77 + 19,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,64 + 20,35 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.03$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.524 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.90$, $\sigma=0.54$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.90$, $\sigma=0.55$). La Figura 5.525 representa su correspondiente CDF.

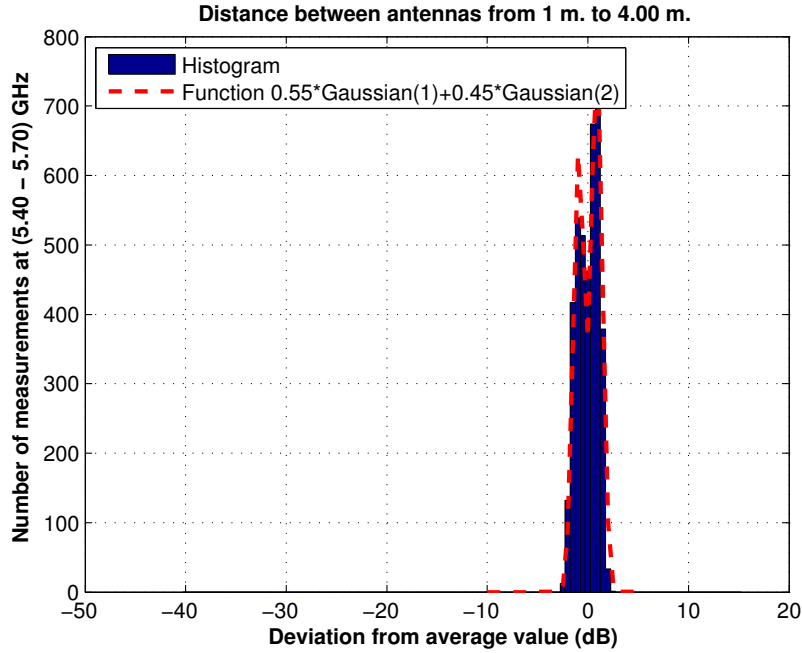


Figura 5.524: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

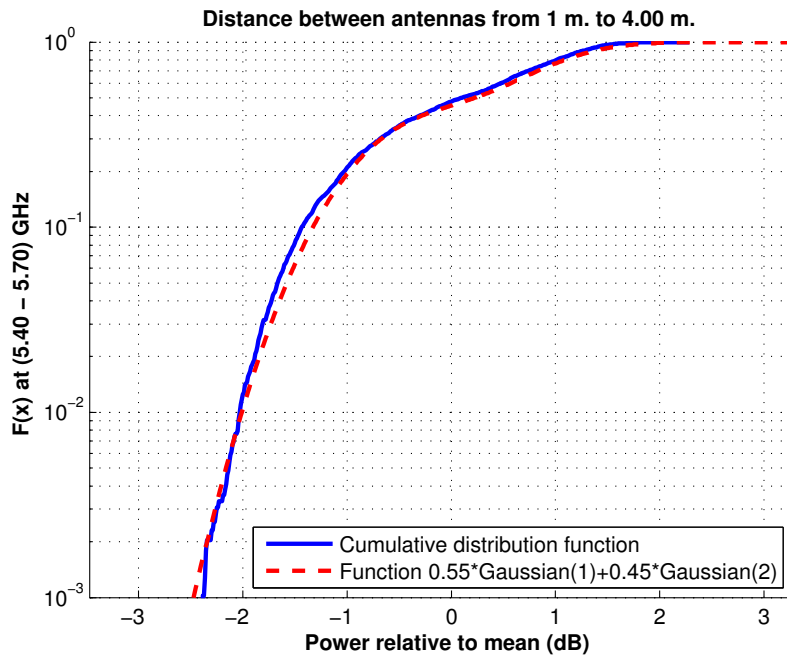


Figura 5.525: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.526 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (55 %, $\mu=0.40$, $\sigma=0.95$) y otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=1.25$). La Figura 5.527 representa su correspondiente CDF.

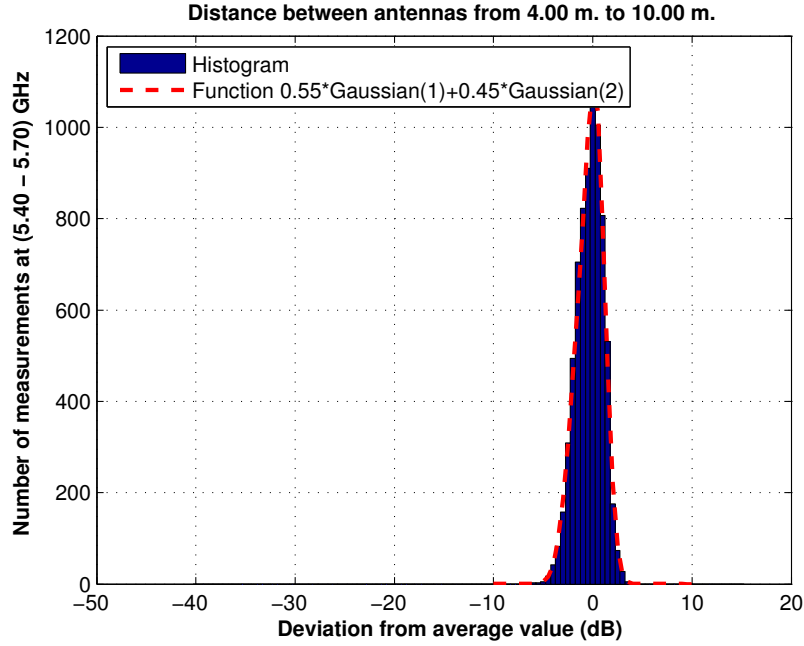


Figura 5.526: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

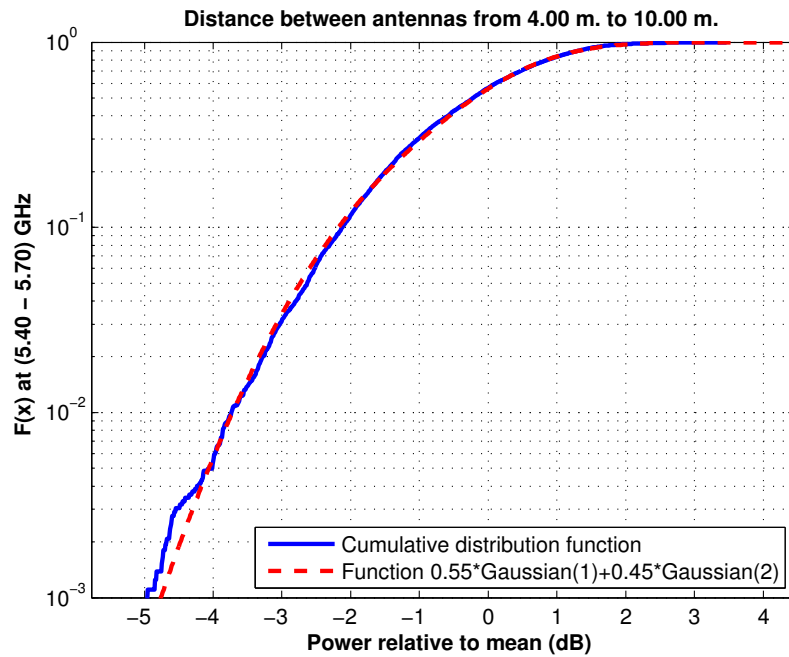


Figura 5.527: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.528 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

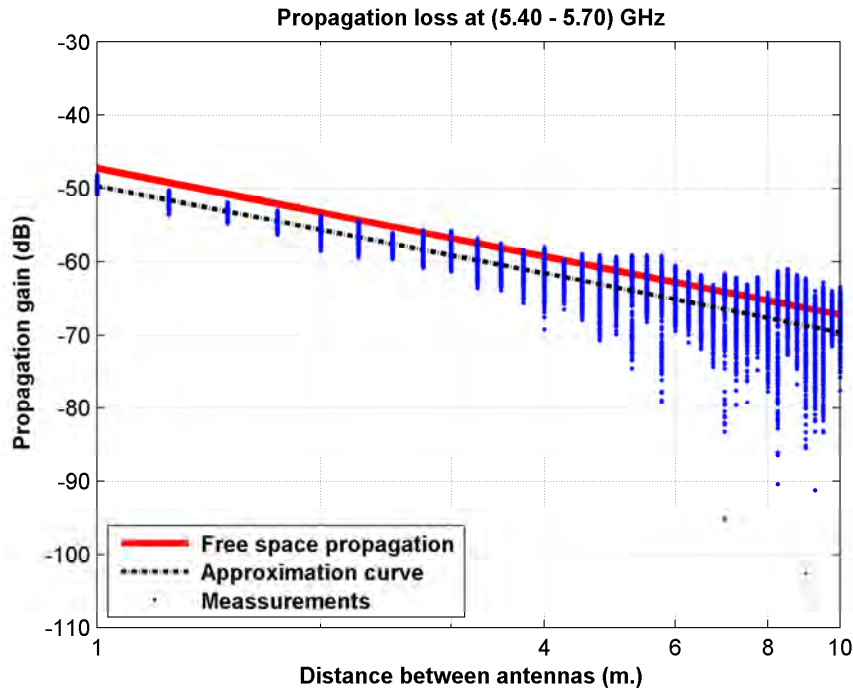


Figura 5.528: Pérdidas del pasillo frente a despacho de la Planta 3, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,67 + 19,84 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,51 + 20,48 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.05$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.529 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.12$, $\sigma=1.00$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.65$, $\sigma=1.65$). La Figura 5.530 representa su correspondiente CDF.

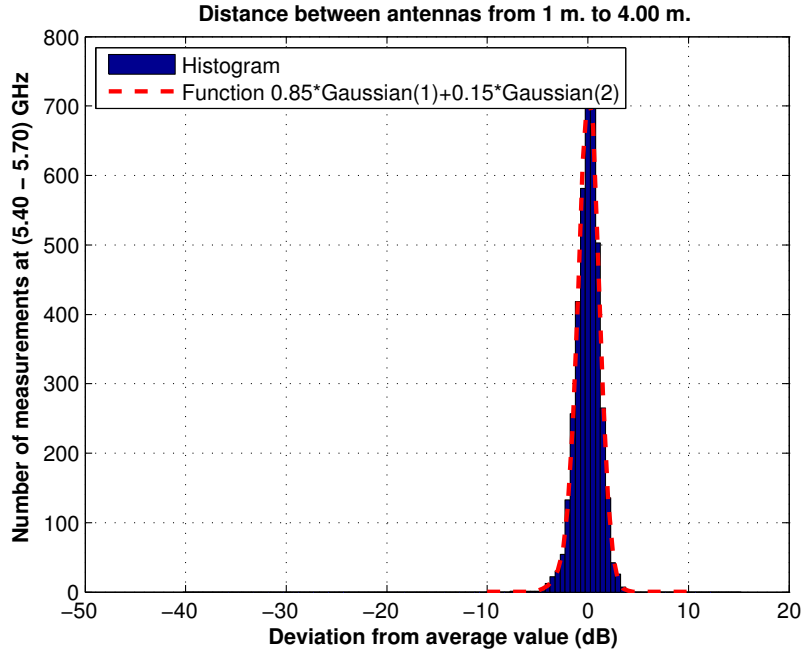


Figura 5.529: Histograma 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

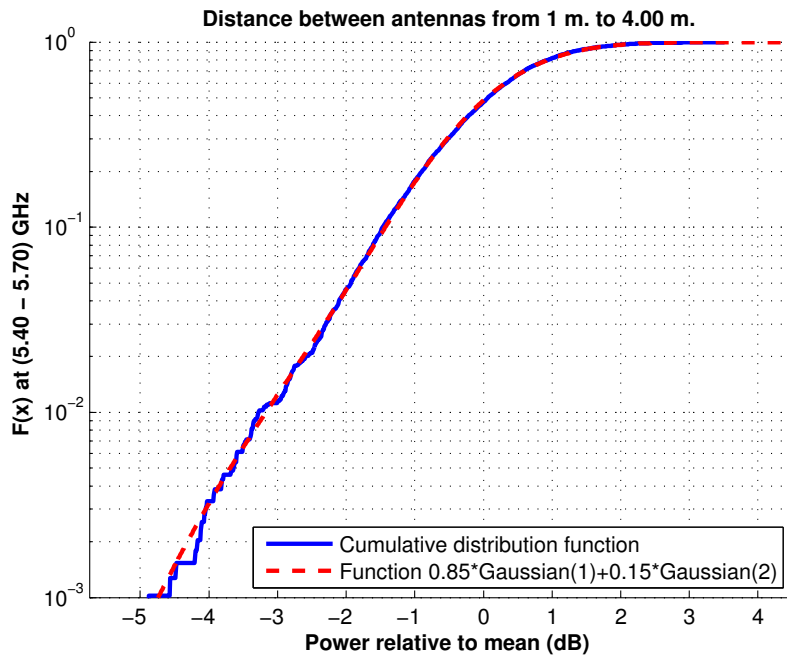


Figura 5.530: CDF 1 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.531 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (68 %, $\mu=0.80$, $\sigma=2.10$), otra Función Gaussiana (23 %, $\mu=-2.40$, $\sigma=3.80$) y una Función Rayleigh (9 %, $\sigma=0.75$). La Figura 5.532 representa su correspondiente CDF.

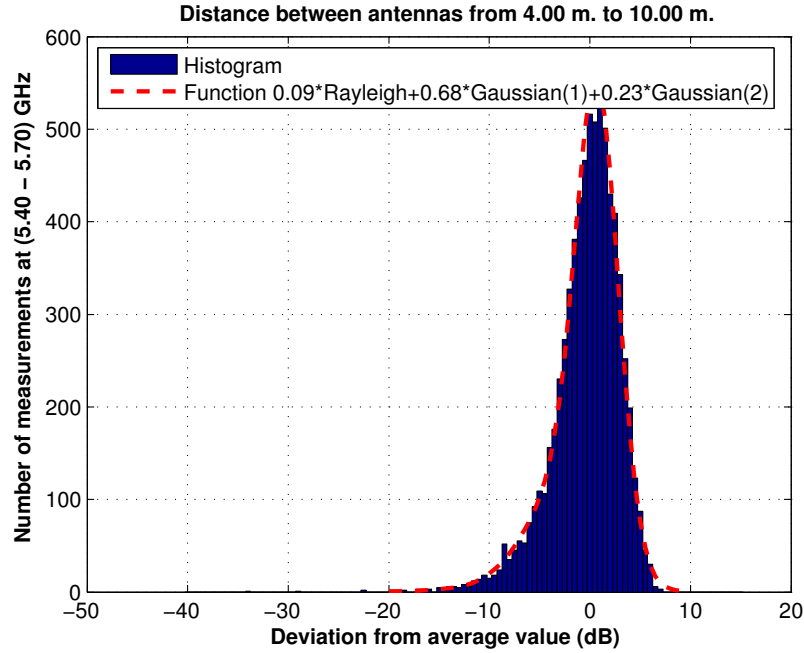


Figura 5.531: Histograma 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

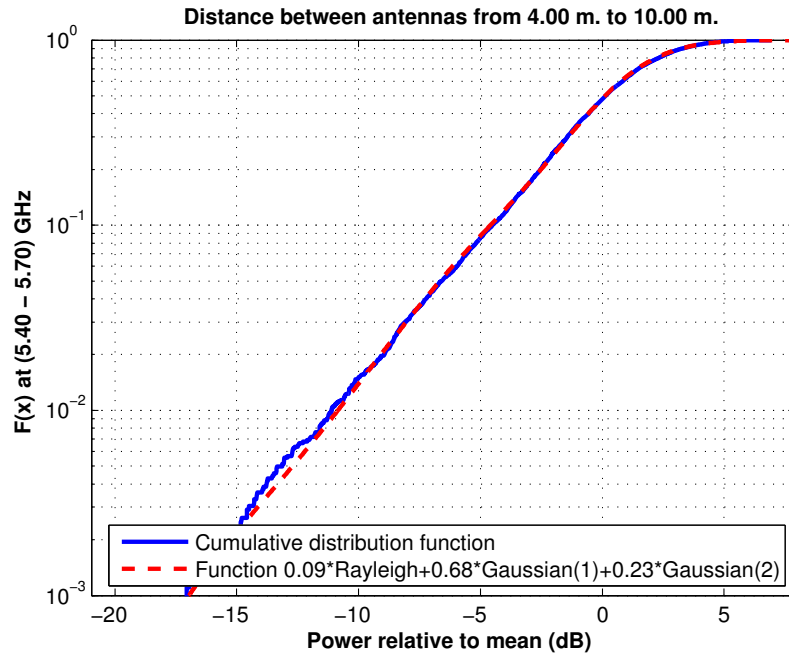


Figura 5.532: CDF 2 en pasillo frente despacho de la Planta 3 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

5.3. Edificio B

5.3.1. Escenario 15: Pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B

Entorno: Pasillo estrecho de la Planta 4 del Edificio B. En rojo se representa la estación anti-incendios.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las antenas 1 y 4 como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

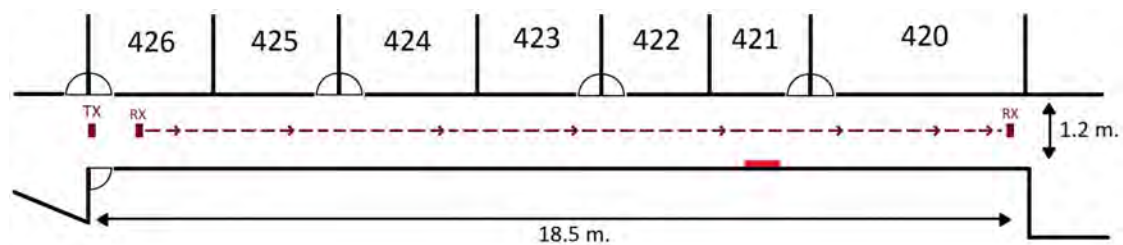


Figura 5.533: Plano del pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B



Figura 5.534: Foto del pasillo estrecho, Planta 4, Edificio B

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.535 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

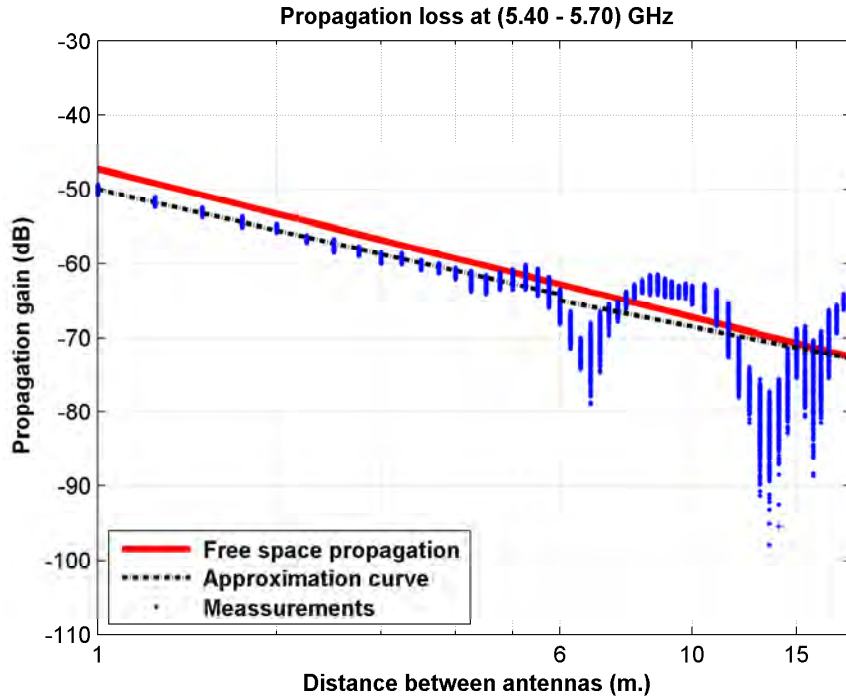


Figura 5.535: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,98 + 18,25 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,00 + 15,96 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.82$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.60$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.536 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=1.15$). La Figura 5.537 representa su correspondiente CDF.

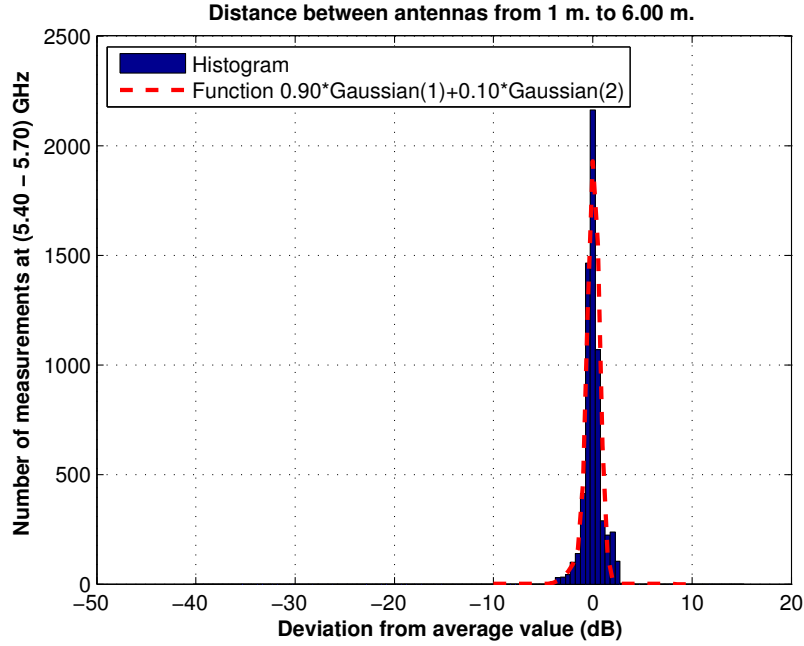


Figura 5.536: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

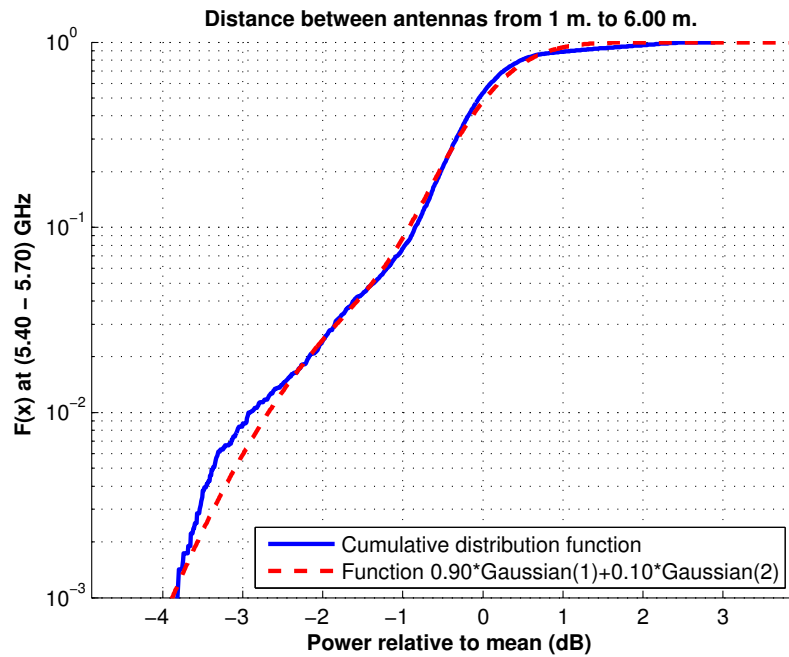


Figura 5.537: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.538 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=0.50$, $\sigma=4.08$), otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=4.30$, $\sigma=0.75$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=0.35$). La Figura 5.539 representa su correspondiente CDF.

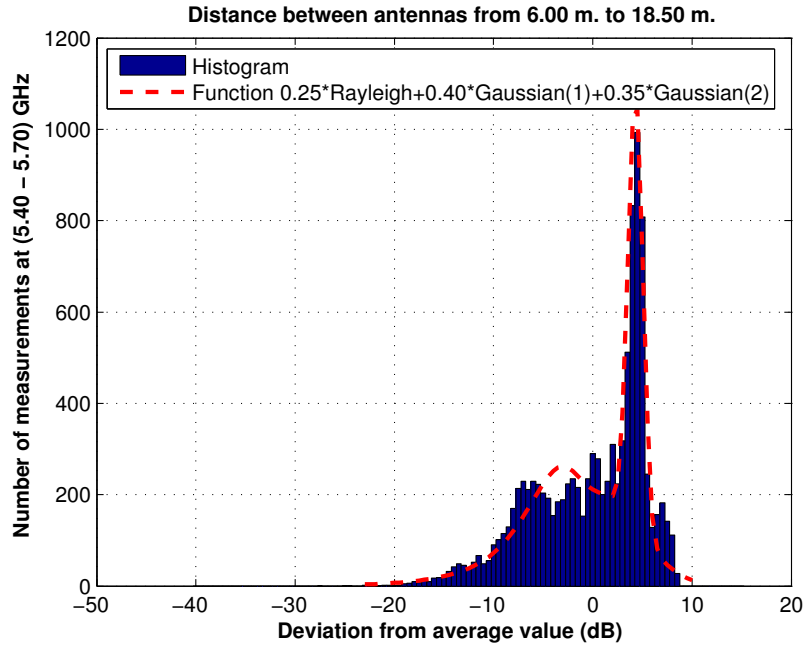


Figura 5.538: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

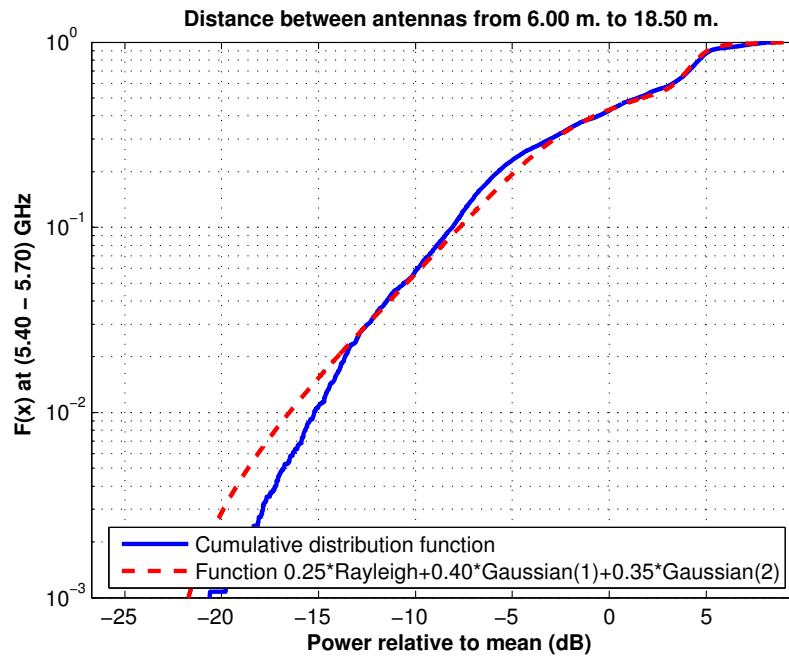


Figura 5.539: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.540 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

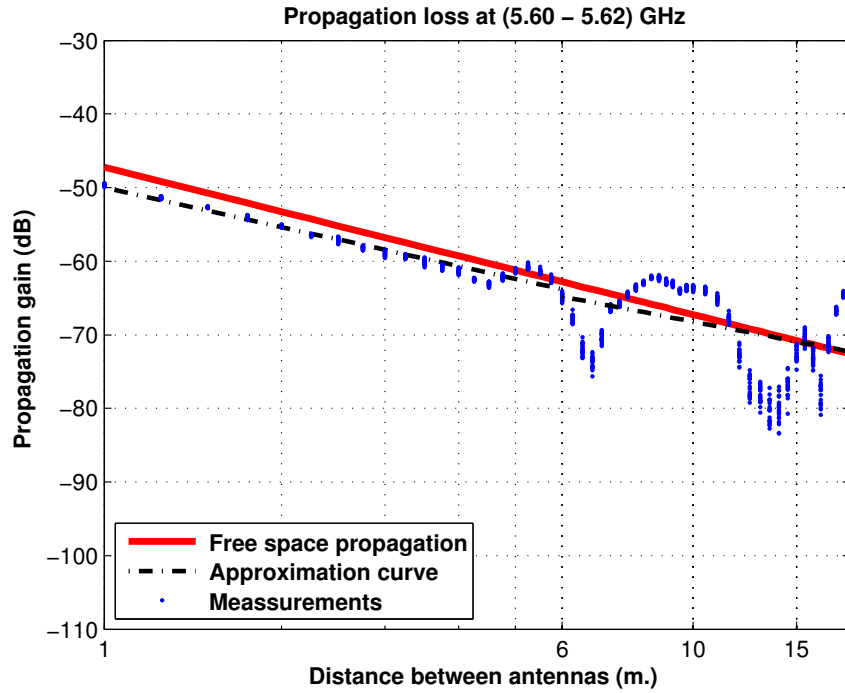


Figura 5.540: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,01 + 17,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,80 + 15,37 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.77$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.54$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.541 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.80$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=0.45$). La Figura 5.542 representa su correspondiente CDF.

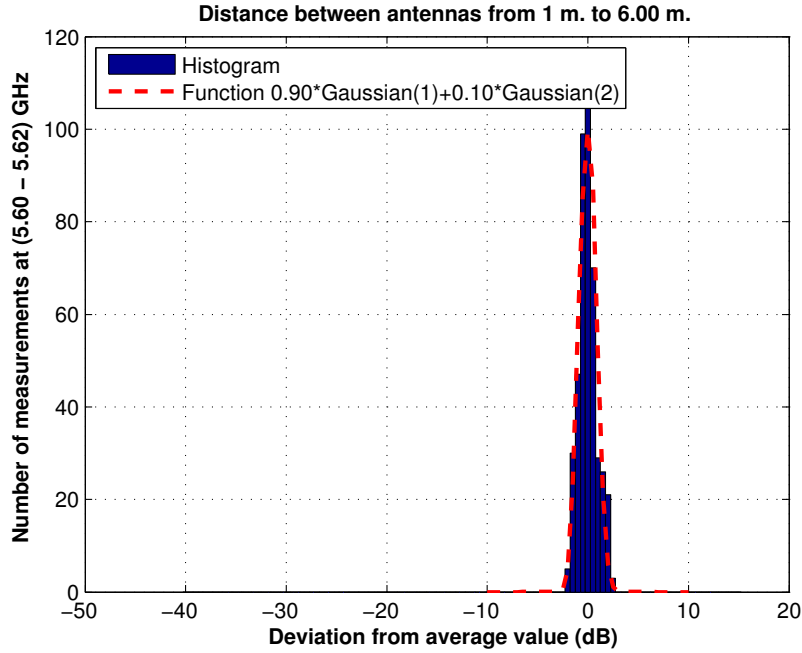


Figura 5.541: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

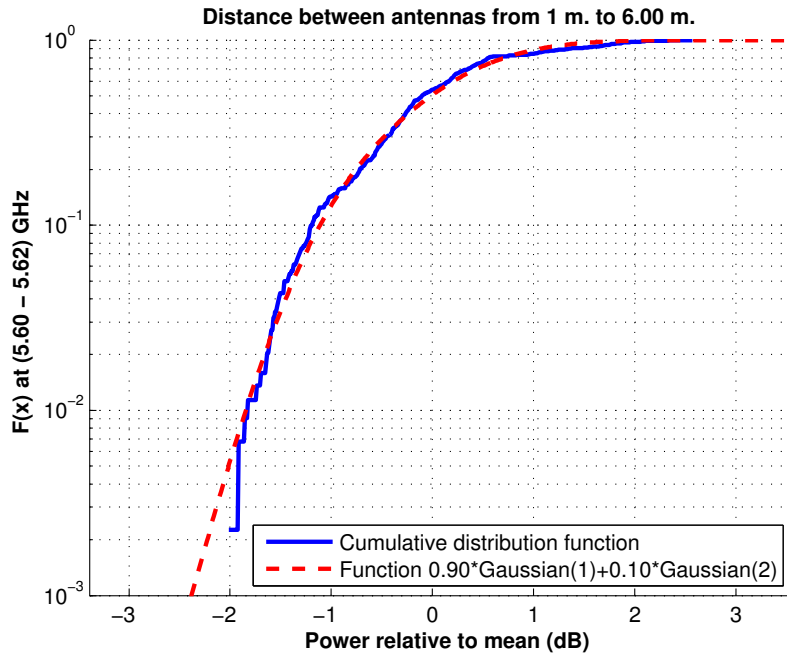


Figura 5.542: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.543 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=-7.50$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (37 %, $\mu=4.50$, $\sigma=0.75$) y una Función Rayleigh (48 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.544 representa su correspondiente CDF.

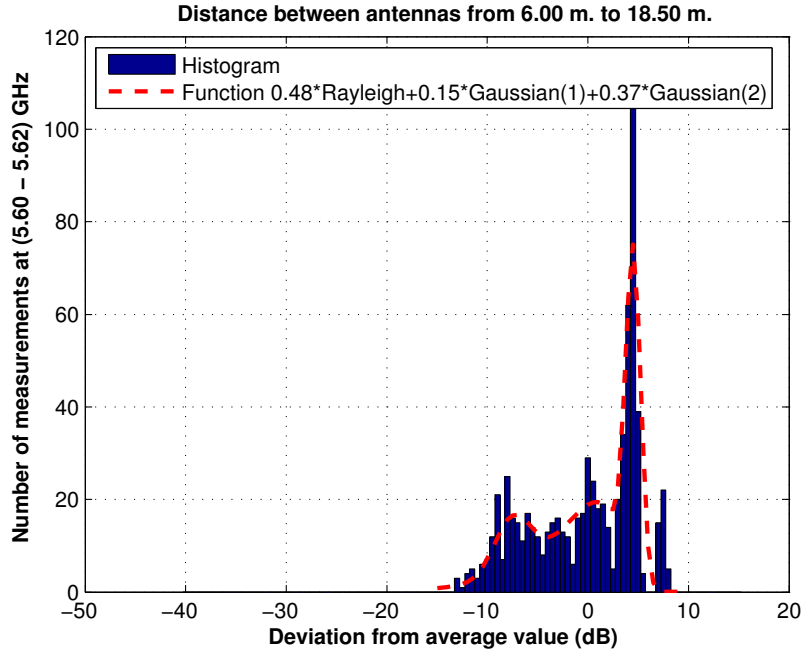


Figura 5.543: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

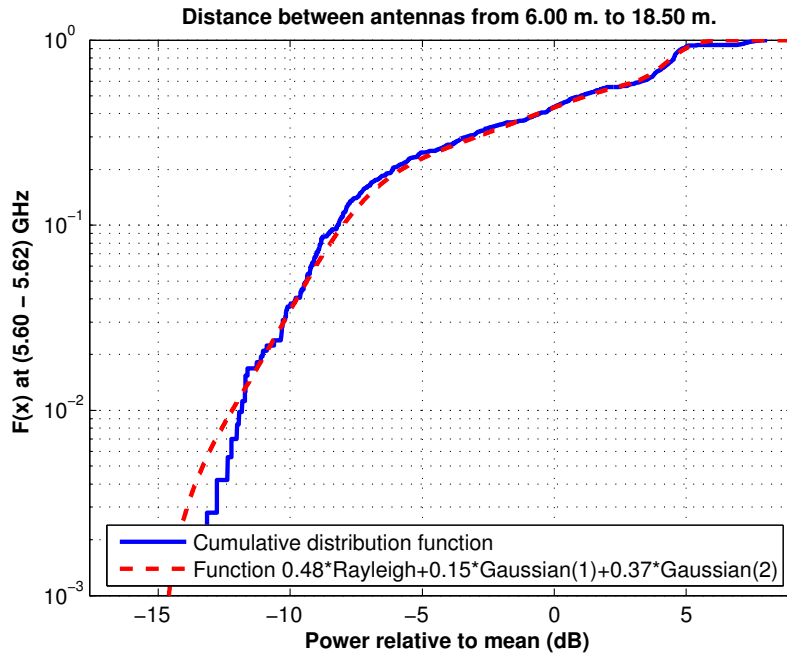


Figura 5.544: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.545 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

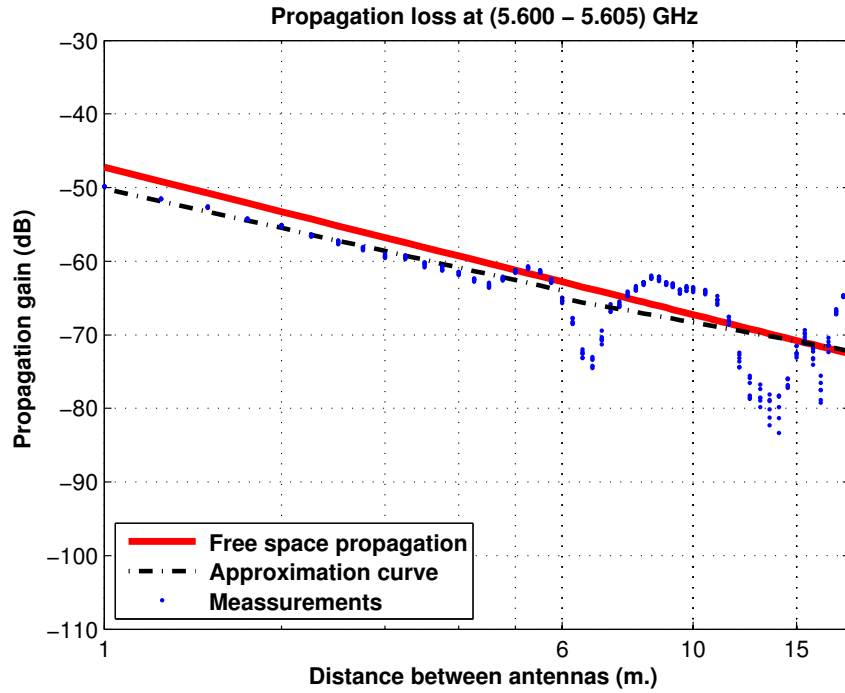


Figura 5.545: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,12 + 17,85 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,08 + 14,54 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.78$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.45$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.546 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.80$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.00$, $\sigma=0.45$). La Figura 5.547 representa su correspondiente CDF.

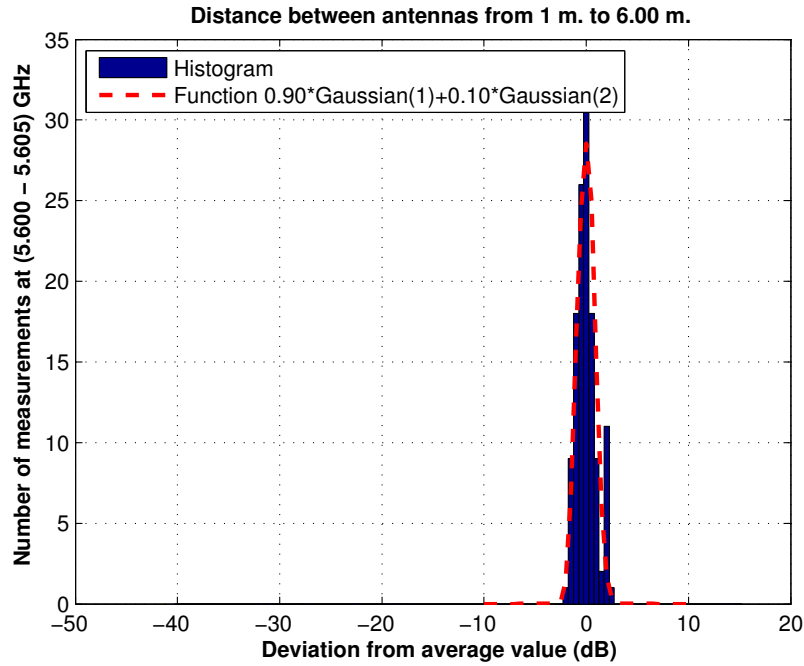


Figura 5.546: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

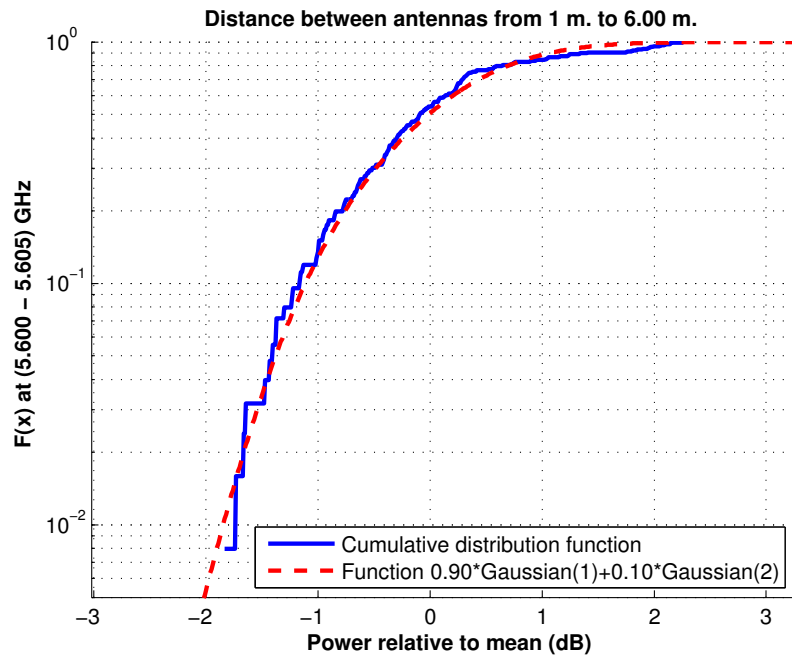


Figura 5.547: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.548 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=-7.50$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (37 %, $\mu=4.50$, $\sigma=0.75$) y una Función Rayleigh (48 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.549 representa su correspondiente CDF.

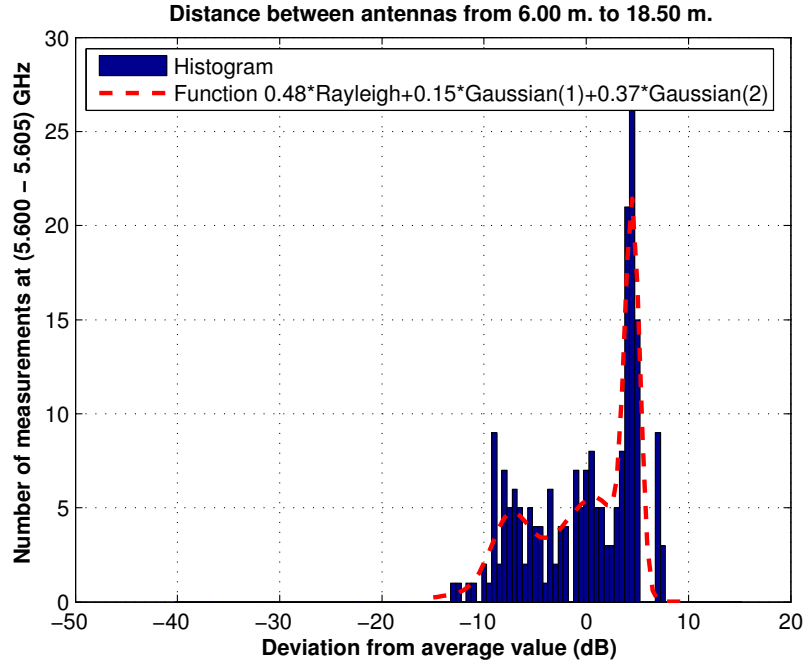


Figura 5.548: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

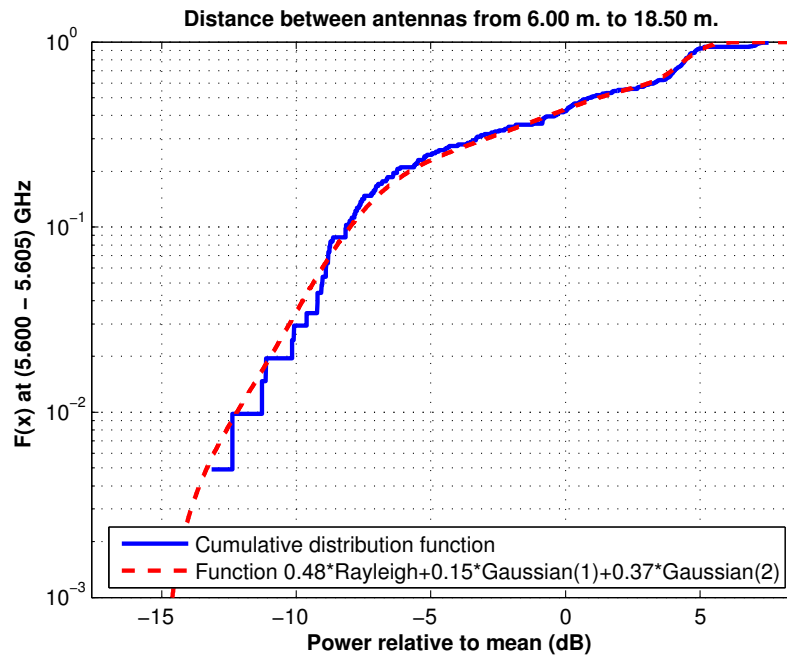


Figura 5.549: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.550 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

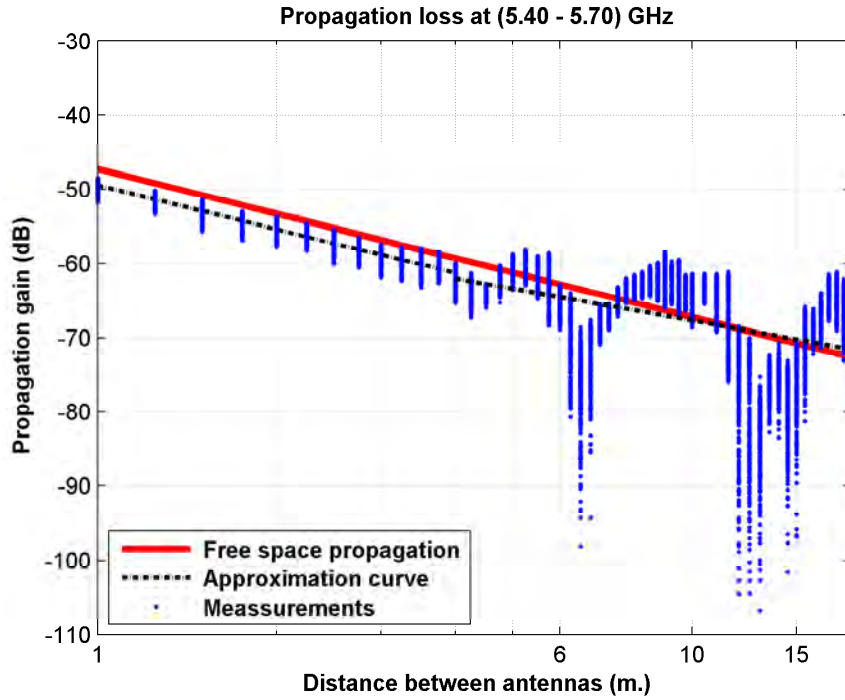


Figura 5.550: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,93 + 19,66 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,51 + 14,33 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.43$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.551 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.90$, $\sigma=0.50$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.85$, $\sigma=1.08$). La Figura 5.552 representa su correspondiente CDF.

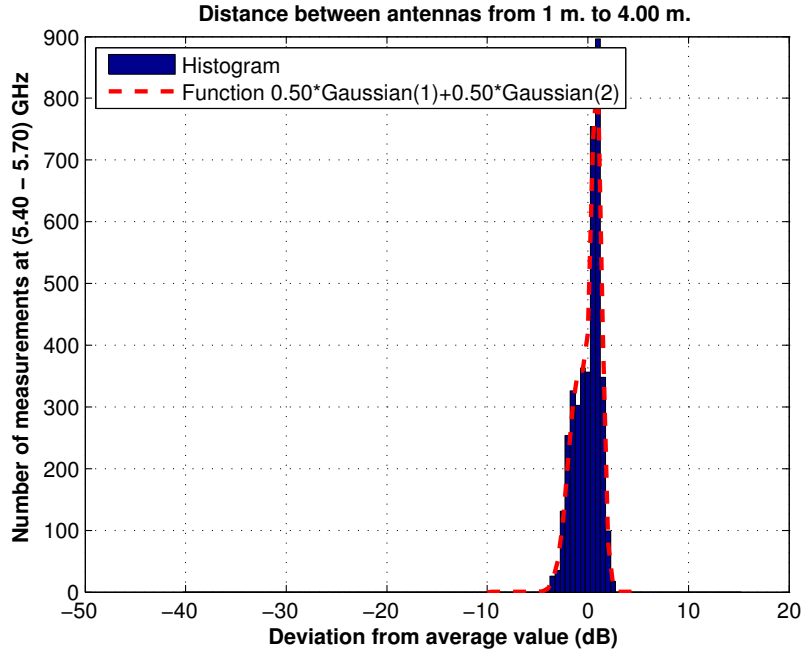


Figura 5.551: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

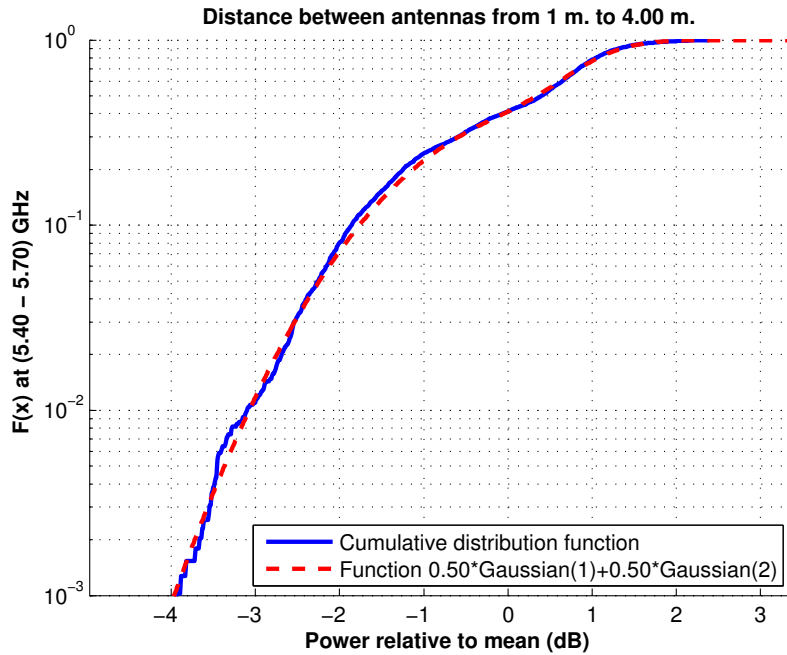


Figura 5.552: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.553 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (10 %, $\mu=-7.50$, $\sigma=10.00$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-4.50$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (85 %, $\sigma=2.50$). La Figura 5.554 representa su correspondiente CDF.

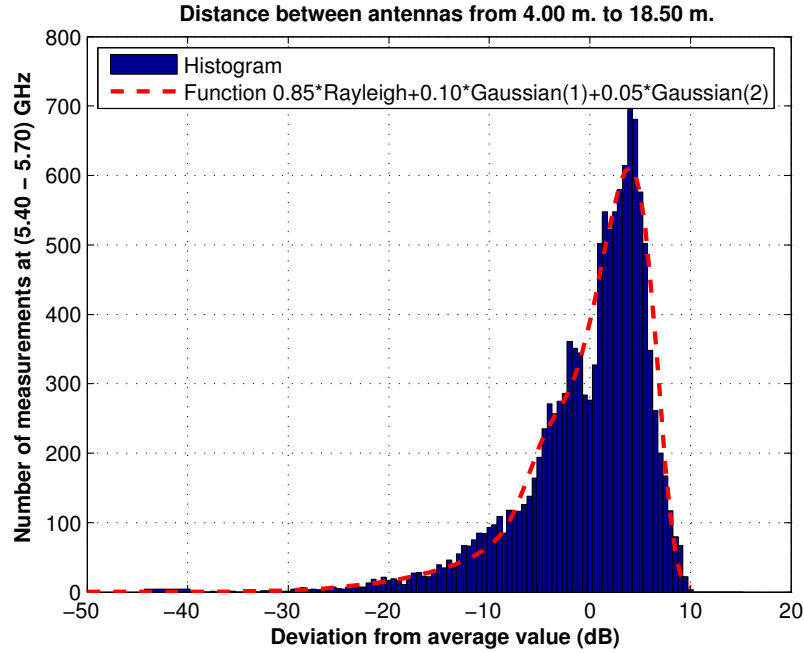


Figura 5.553: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

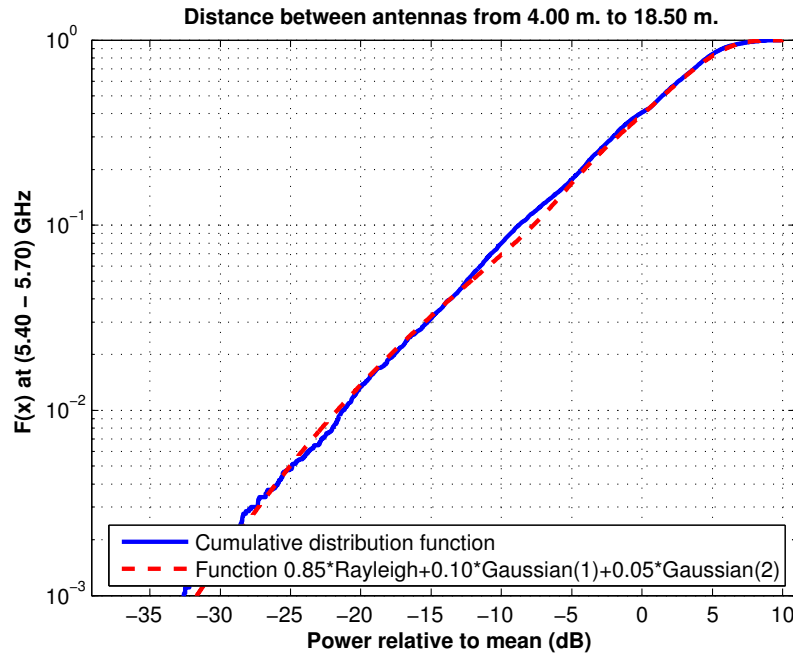


Figura 5.554: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.555 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

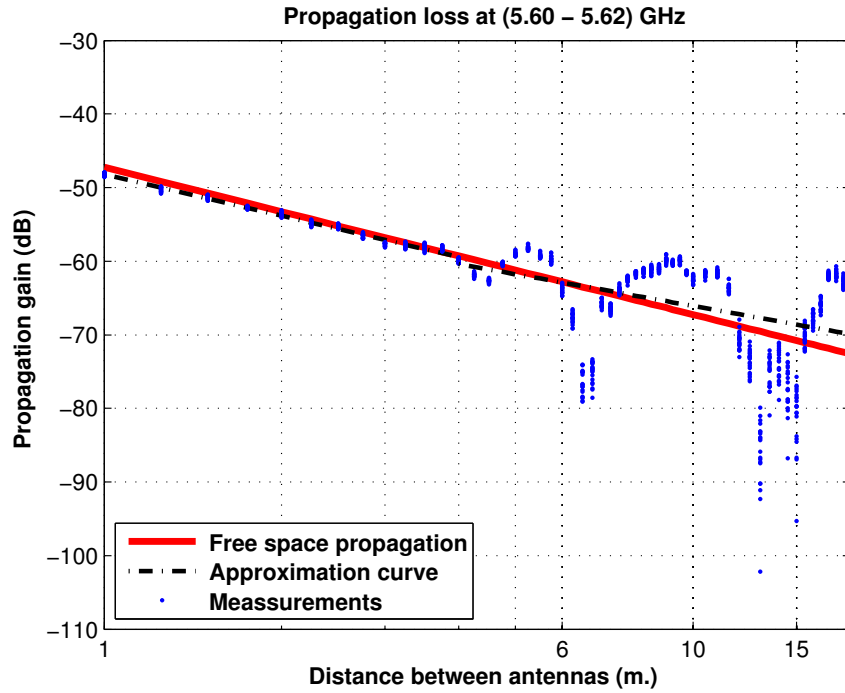


Figura 5.555: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,22 + 18,62 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 60,39 + 14,31 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.86$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.43$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.556 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.45$). La Figura 5.557 representa su correspondiente CDF.

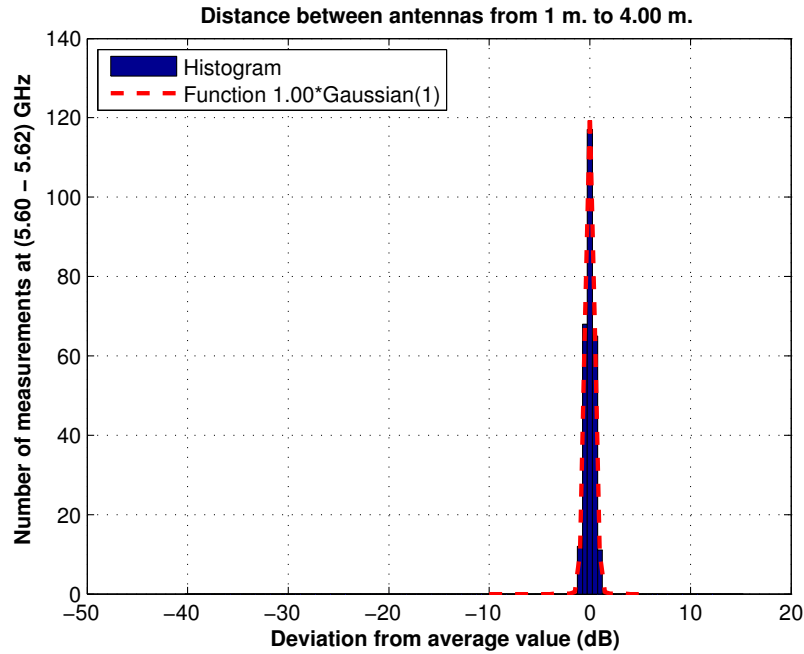


Figura 5.556: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

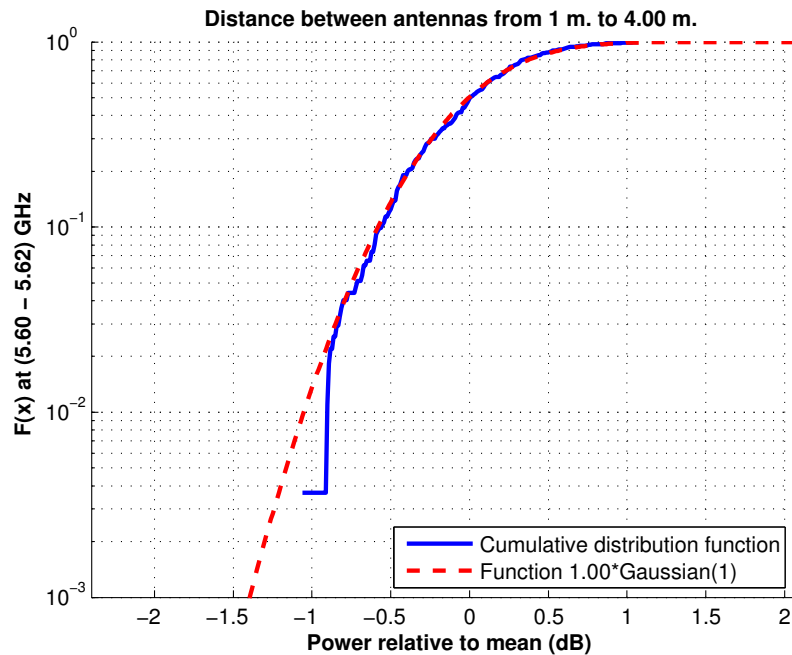


Figura 5.557: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.558 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (10 %, $\mu=-7.50$, $\sigma=10.00$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-4.50$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (85 %, $\sigma=2.50$). La Figura 5.559 representa su correspondiente CDF.

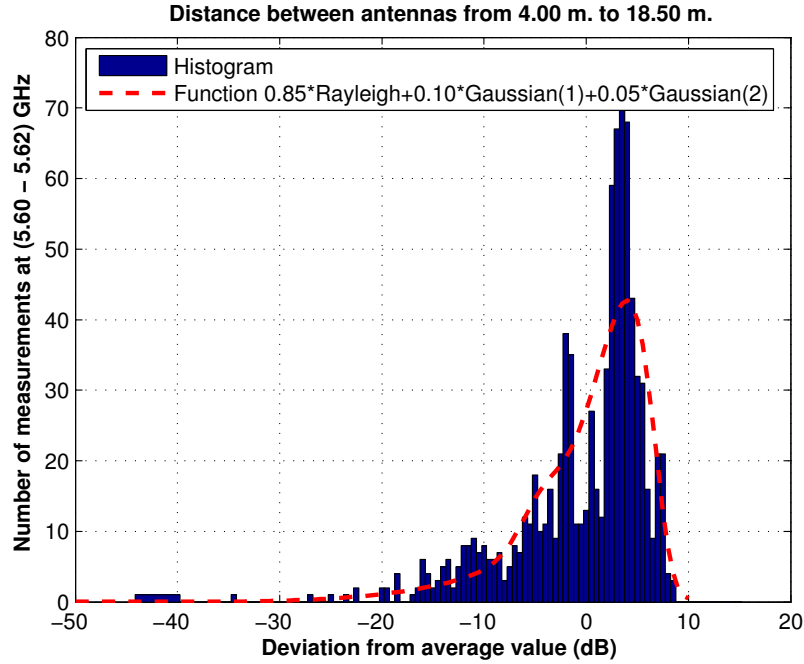


Figura 5.558: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

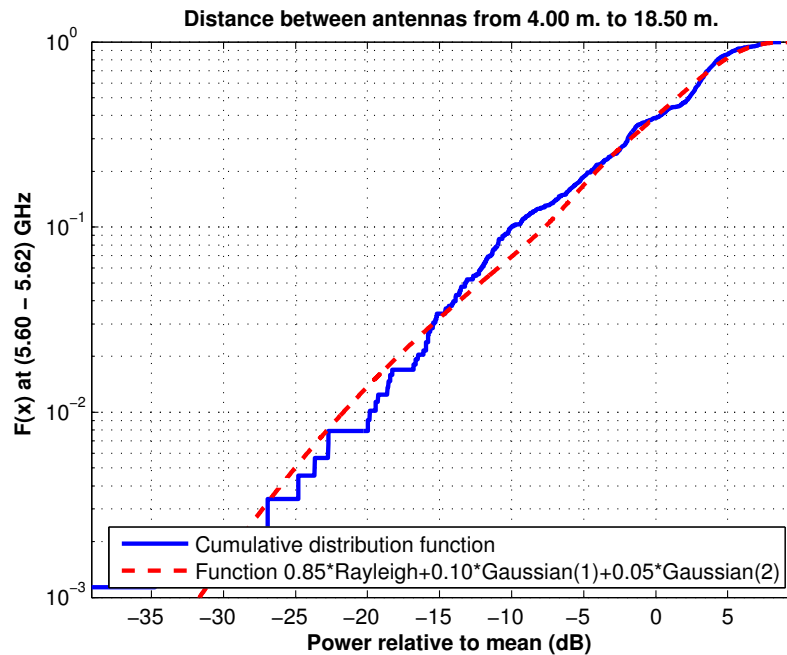


Figura 5.559: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.560 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

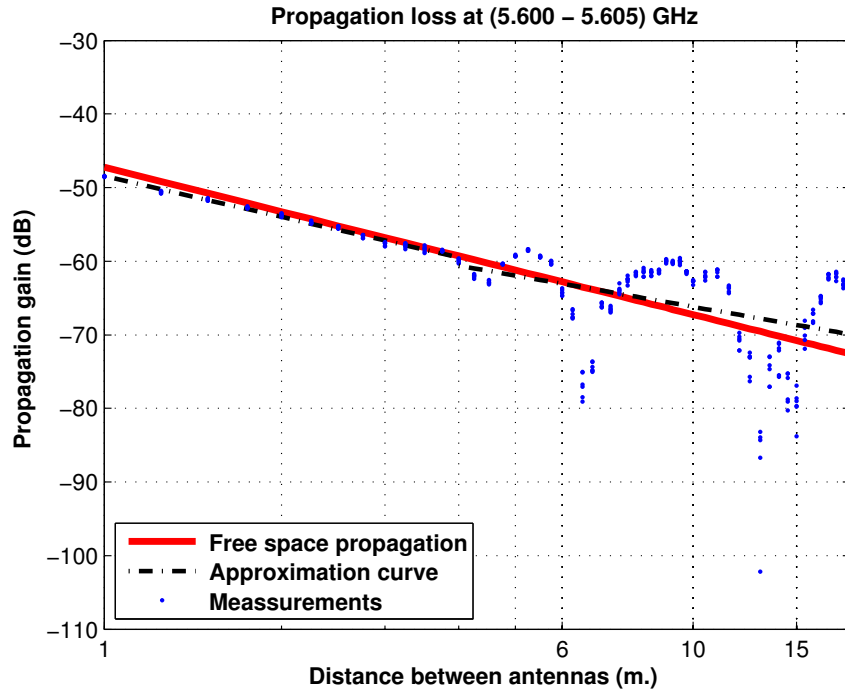


Figura 5.560: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,46 + 18,32 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 60,59 + 14,07 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.83$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.41$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.561 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.562 representa su correspondiente CDF.

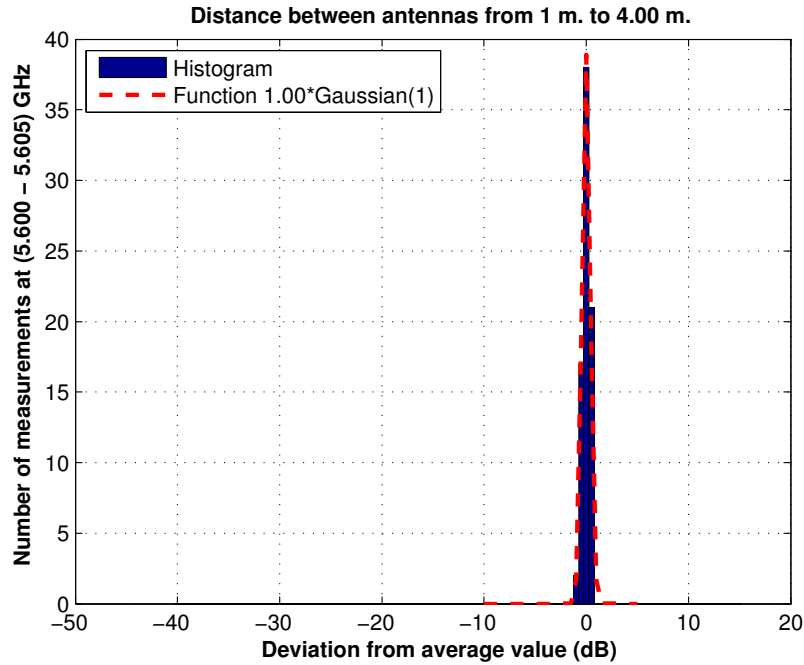


Figura 5.561: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

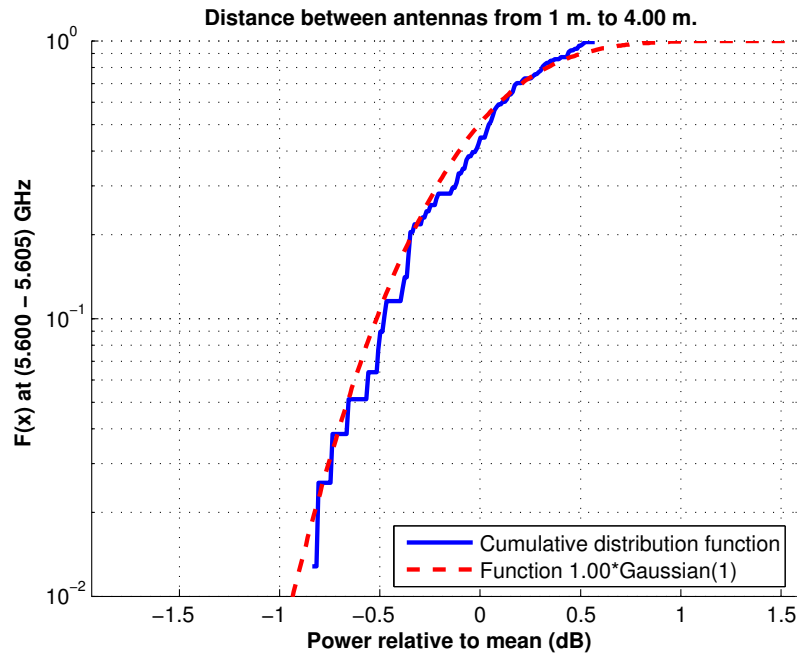


Figura 5.562: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.563 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (12 %, $\mu=-7.50$, $\sigma=10.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=2.20$). La Figura 5.564 representa su correspondiente CDF.

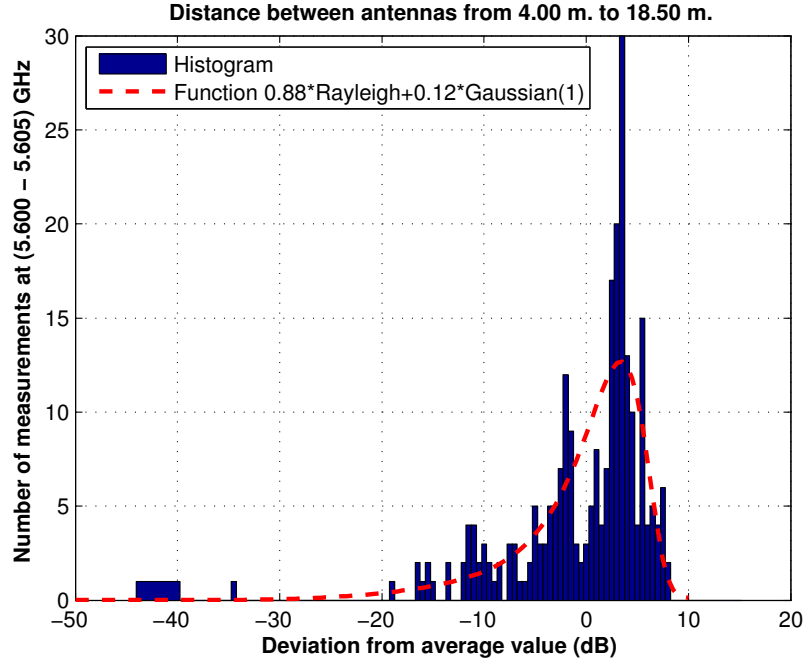


Figura 5.563: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

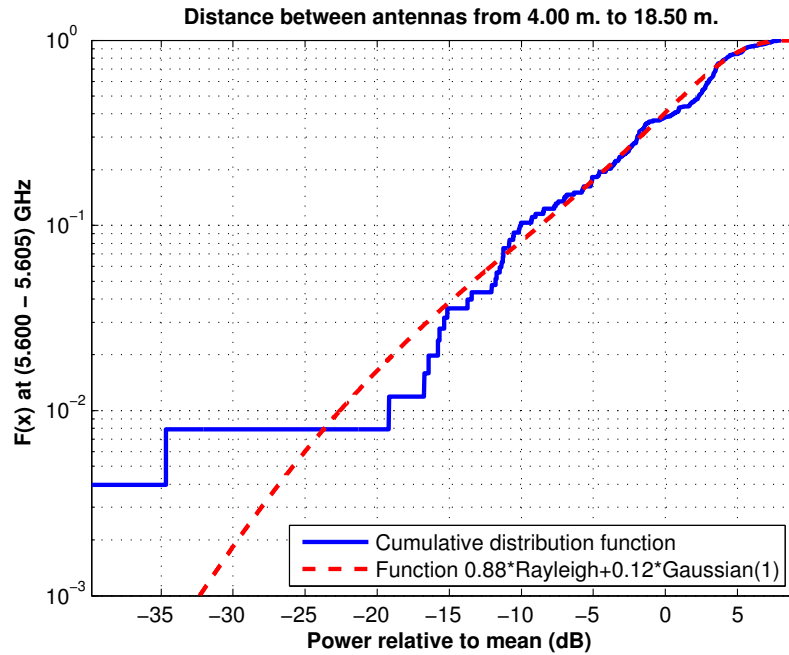


Figura 5.564: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.565 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

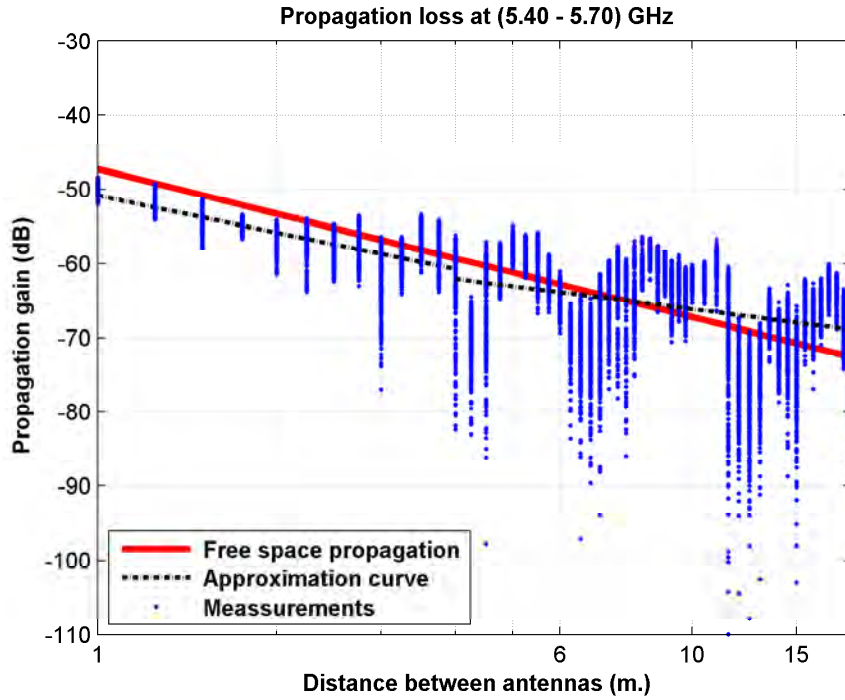


Figura 5.565: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,80 + 16,50 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 62,07 + 10,35 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.65$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.03$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.566 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (71 %, $\mu=0.10$, $\sigma=1.70$), otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=3.00$, $\sigma=1.60$) y una Función Rayleigh (14 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.567 representa su correspondiente CDF.

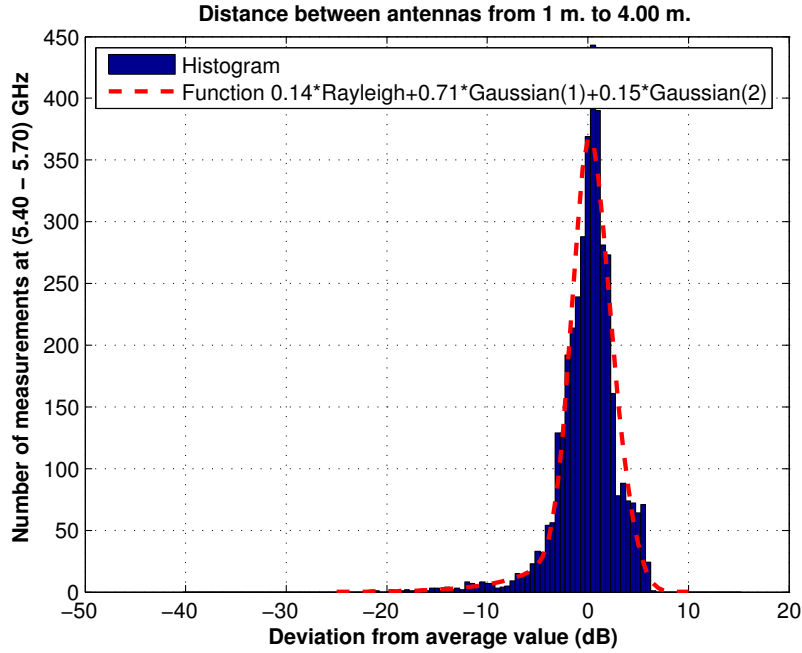


Figura 5.566: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

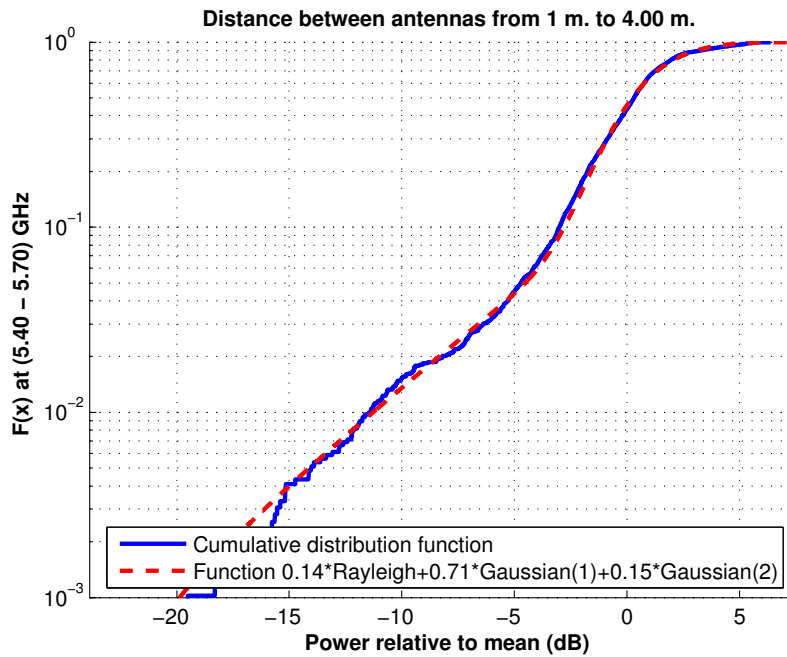


Figura 5.567: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.568 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-8.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=2.50$). La Figura 5.569 representa su correspondiente CDF.

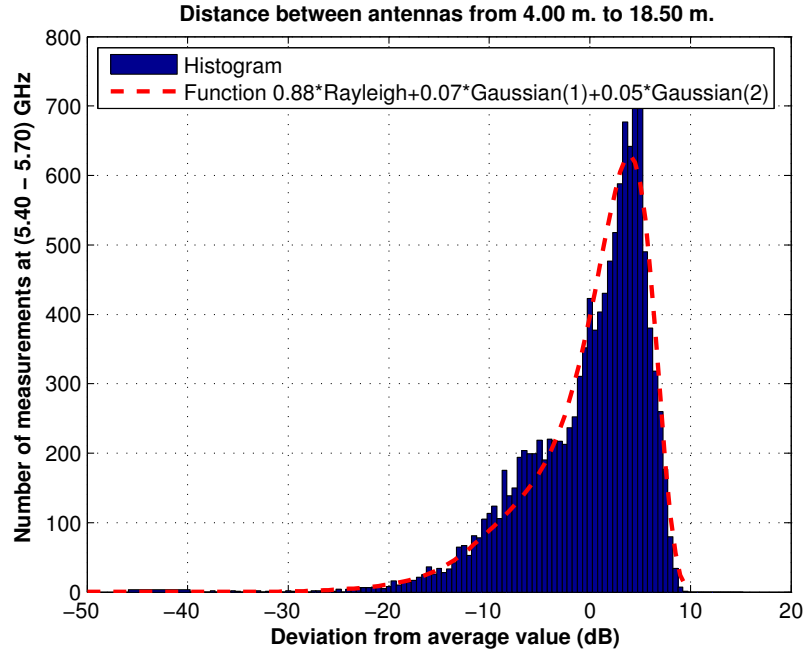


Figura 5.568: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

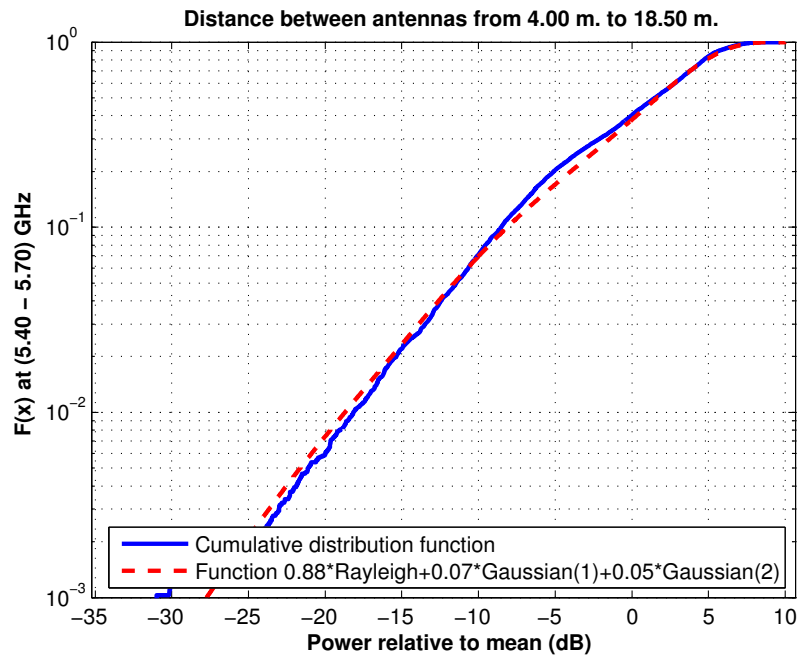


Figura 5.569: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.570 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

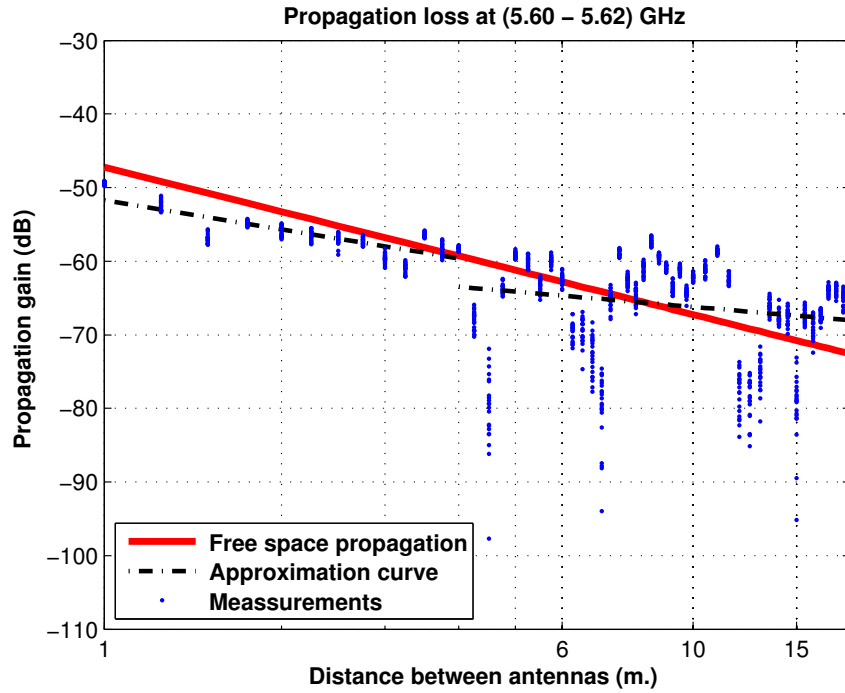


Figura 5.570: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 51,74 + 13,07 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 63,48 + 6,85 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.31$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.68$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.571 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=0.70$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (25 %, $\mu=-2.30$, $\sigma=0.90$). La Figura 5.572 representa su correspondiente CDF.

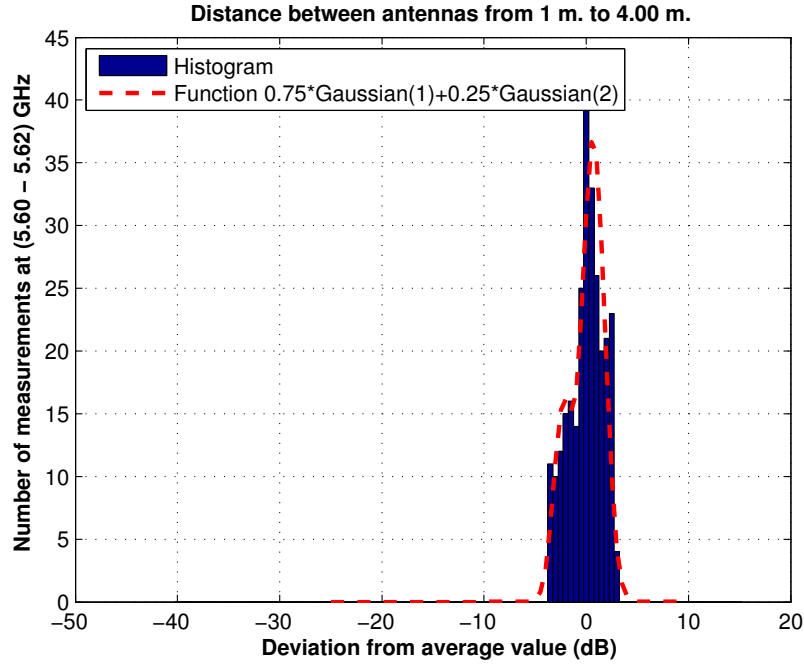


Figura 5.571: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

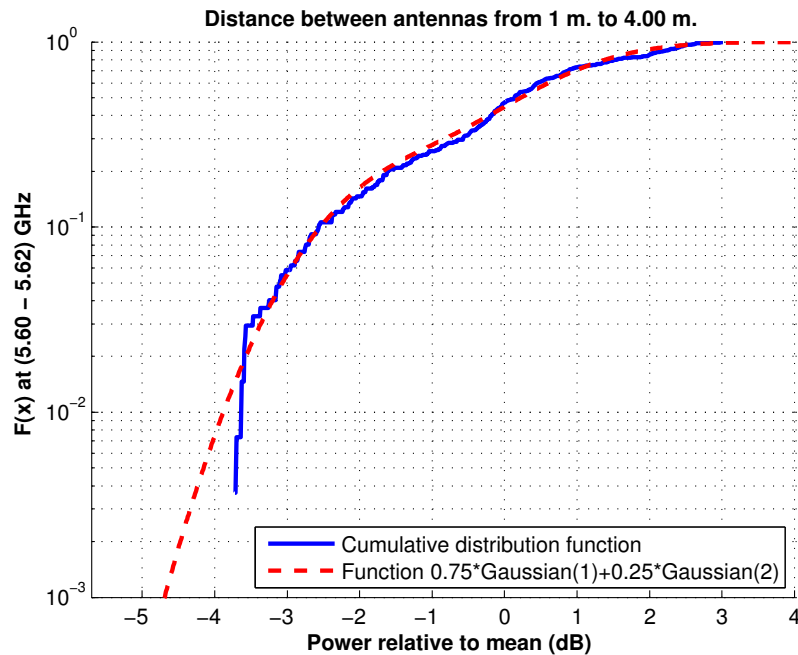


Figura 5.572: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.573 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-9.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=2.50$). La Figura 5.574 representa su correspondiente CDF.

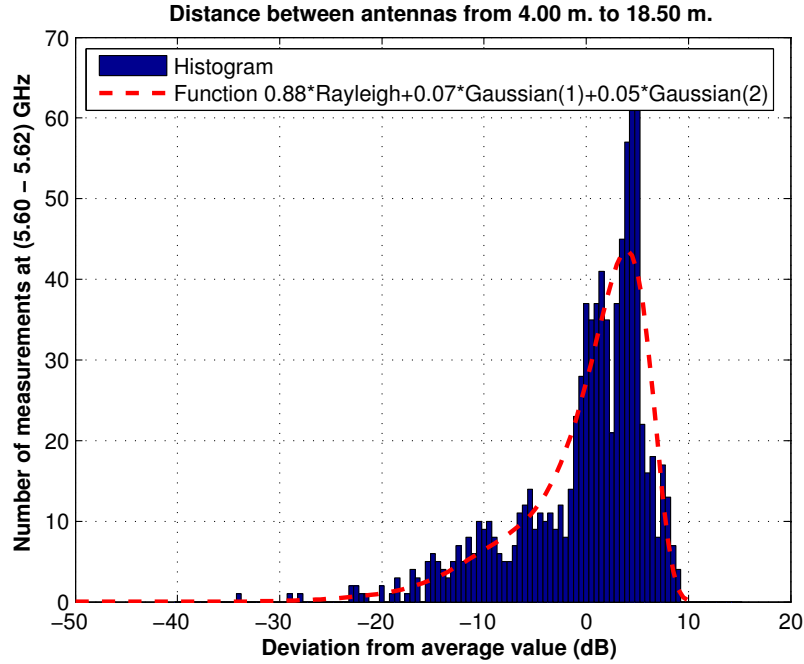


Figura 5.573: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

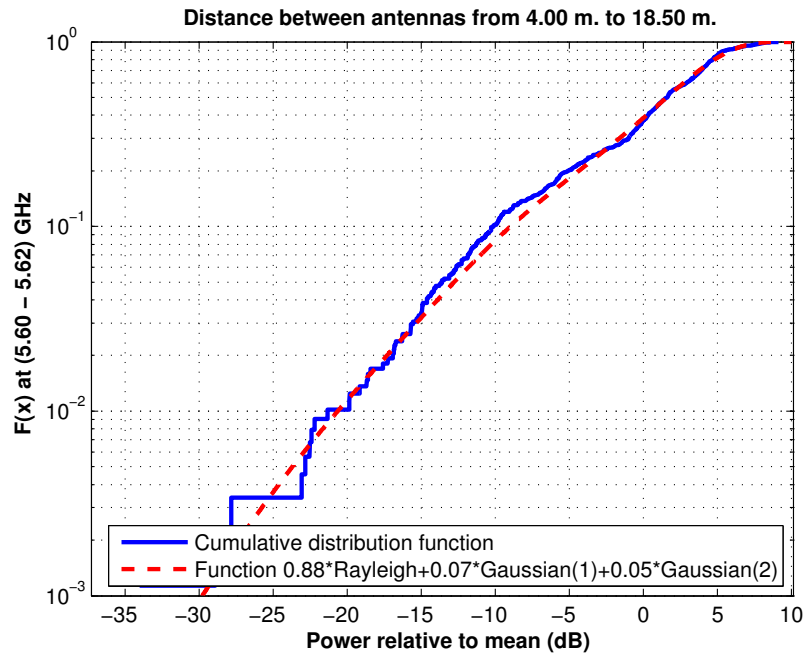


Figura 5.574: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.575 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

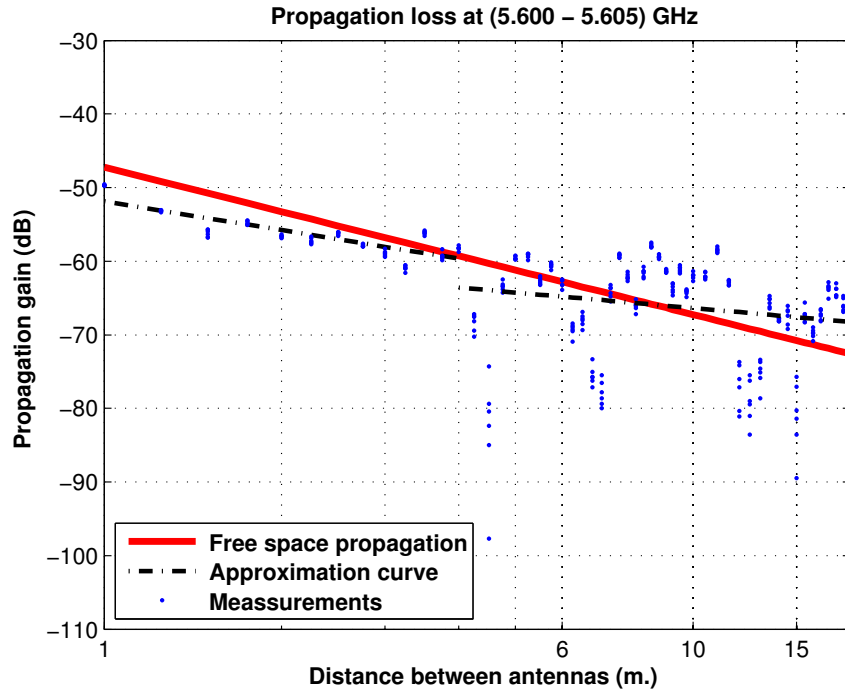


Figura 5.575: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 51,89 + 12,91 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 63,58 + 7,03 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.29$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=0.70$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una guía de onda.

La Figura 5.576 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=0.45$, $\sigma=1.10$) y otra Función Gaussiana (25 %, $\mu=-1.70$, $\sigma=0.90$). La Figura 5.577 representa su correspondiente CDF.

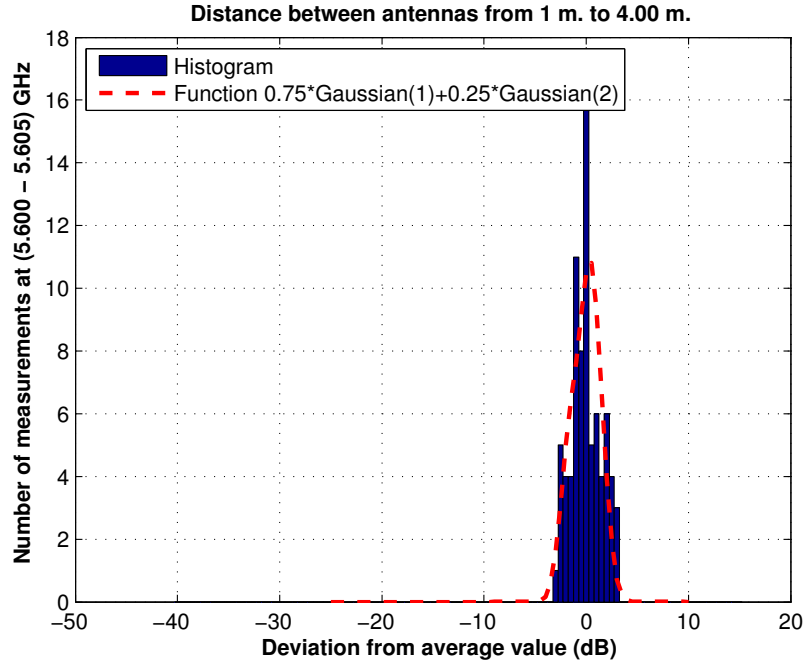


Figura 5.576: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

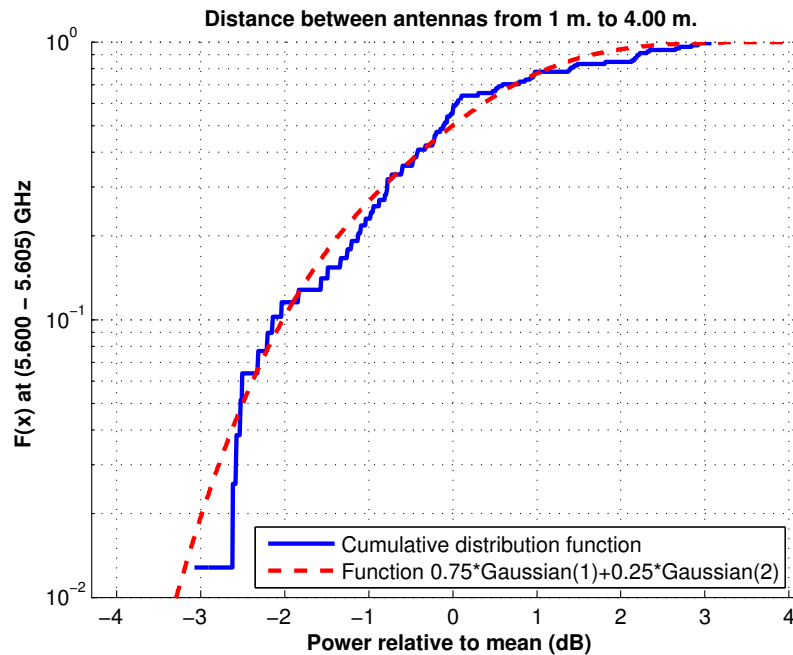


Figura 5.577: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.578 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (6 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (87 %, $\sigma=2.50$). La Figura 5.579 representa su correspondiente CDF.

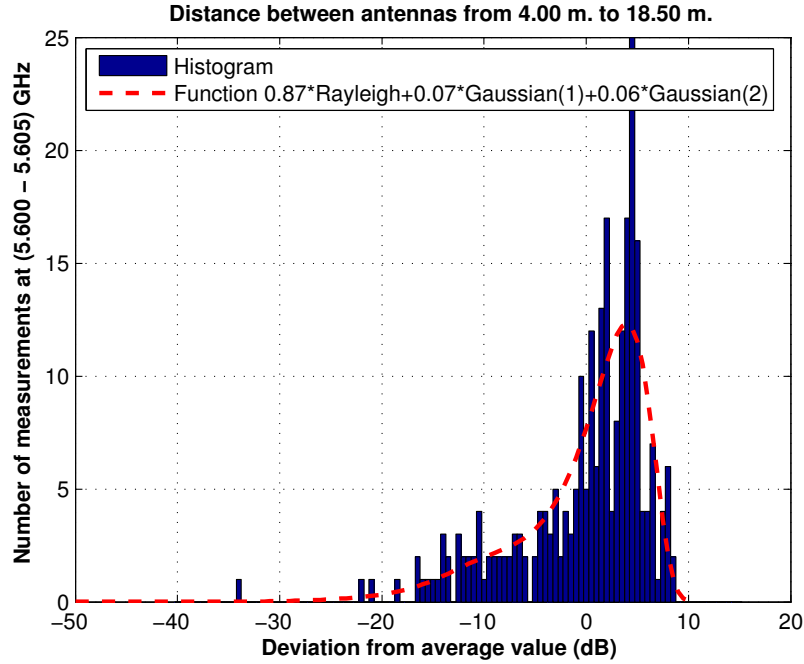


Figura 5.578: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

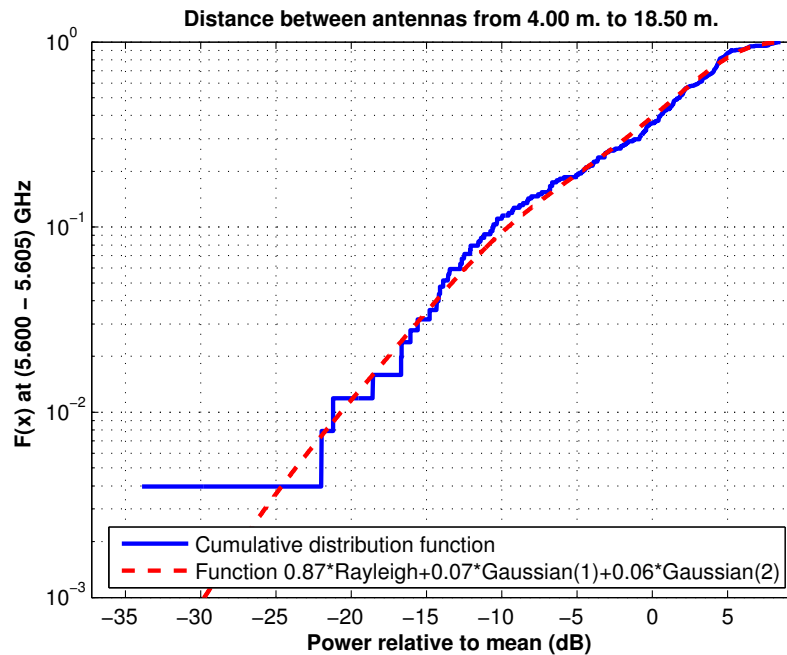


Figura 5.579: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.580 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

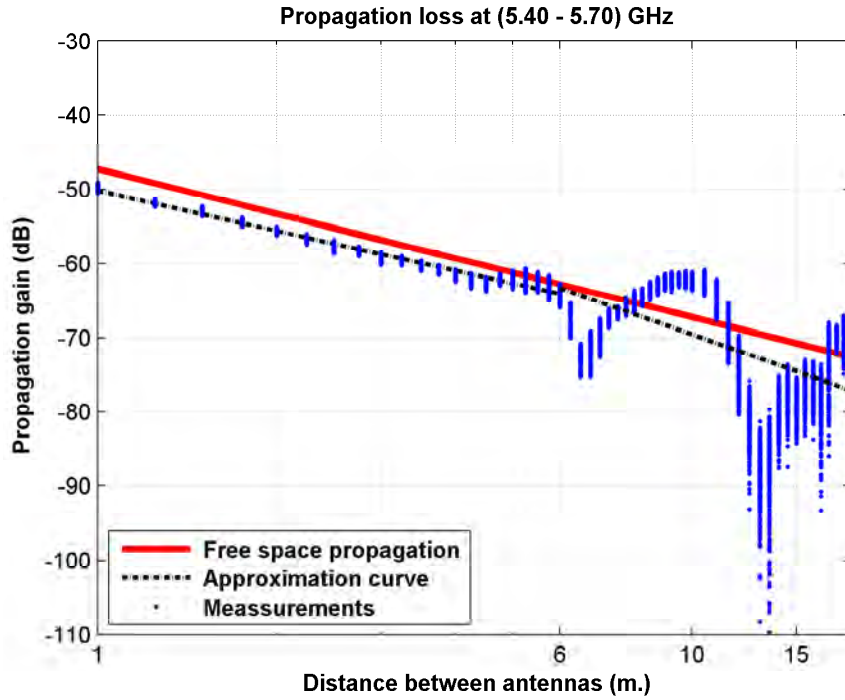


Figura 5.580: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,14 + 17,92 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,34 + 28,09 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.79$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.81$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.581 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (85 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (15 %, $\mu=-0.60$, $\sigma=0.50$). La Figura 5.582 representa su correspondiente CDF.

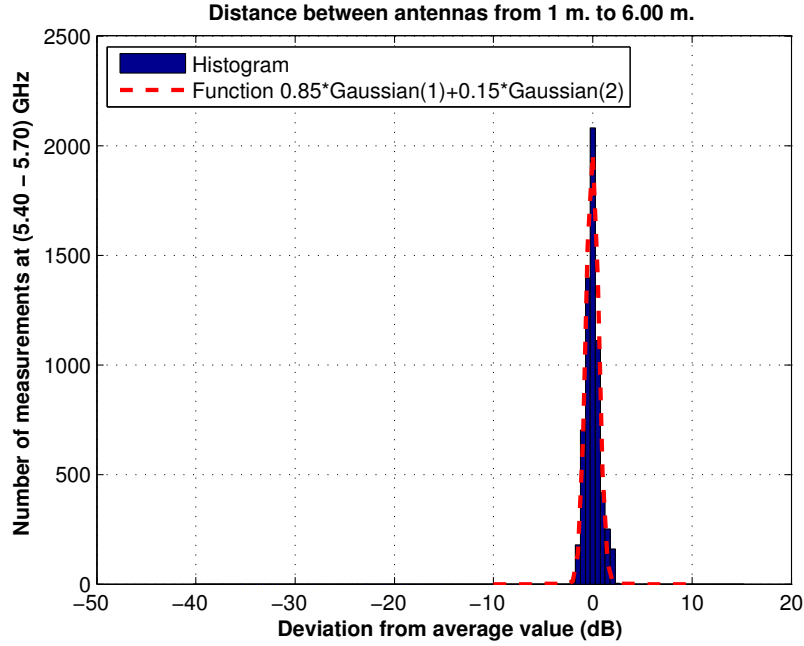


Figura 5.581: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

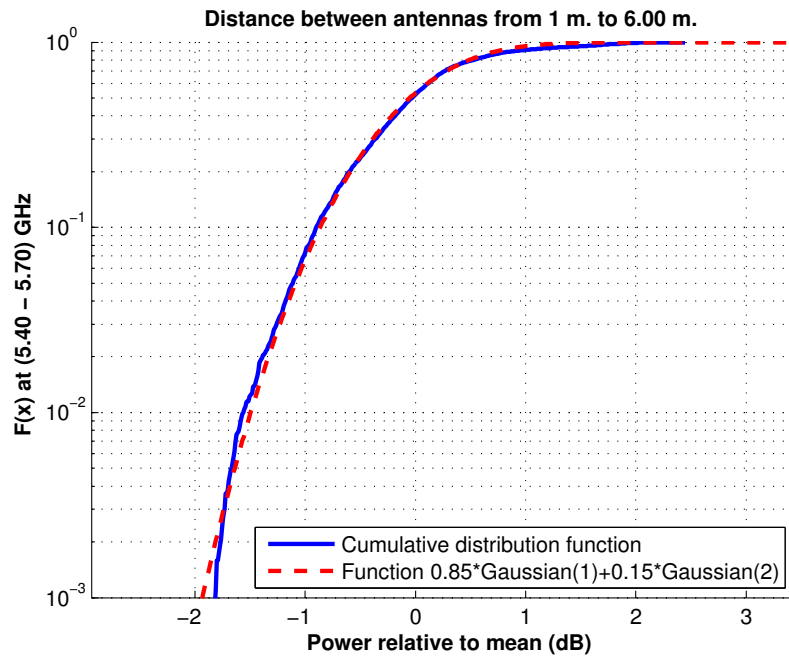


Figura 5.582: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.583 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=0.50$, $\sigma=4.08$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=6.30$, $\sigma=1.15$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.30$). La Figura 5.584 representa su correspondiente CDF.

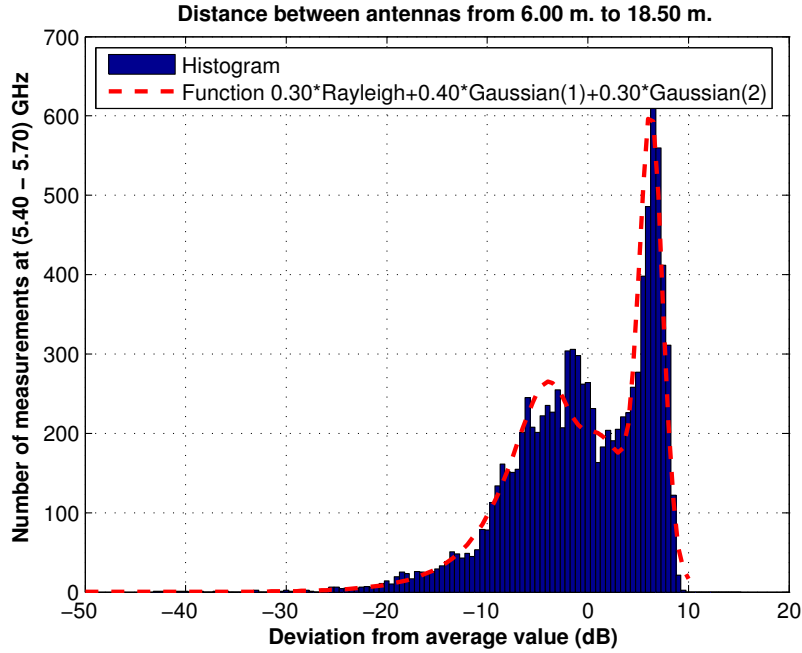


Figura 5.583: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

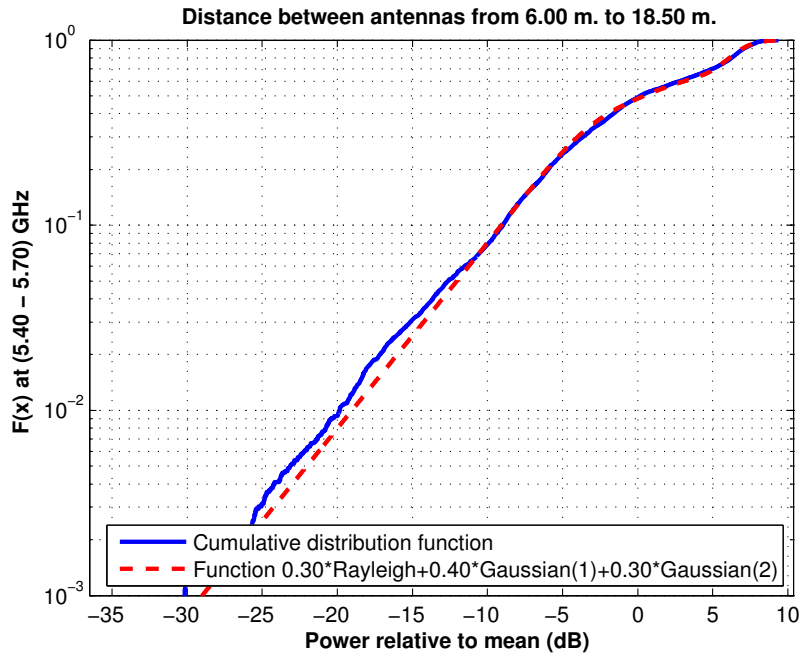


Figura 5.584: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.585 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

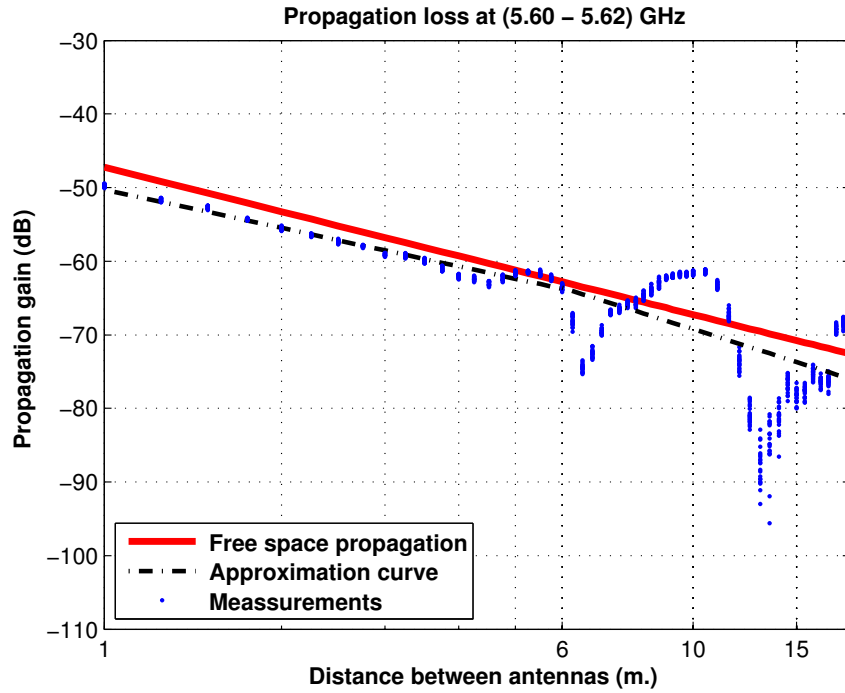


Figura 5.585: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,27 + 17,36 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,61 + 25,36 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.74$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.54$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.586 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.08$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.35$, $\sigma=0.35$). La Figura 5.587 representa su correspondiente CDF.

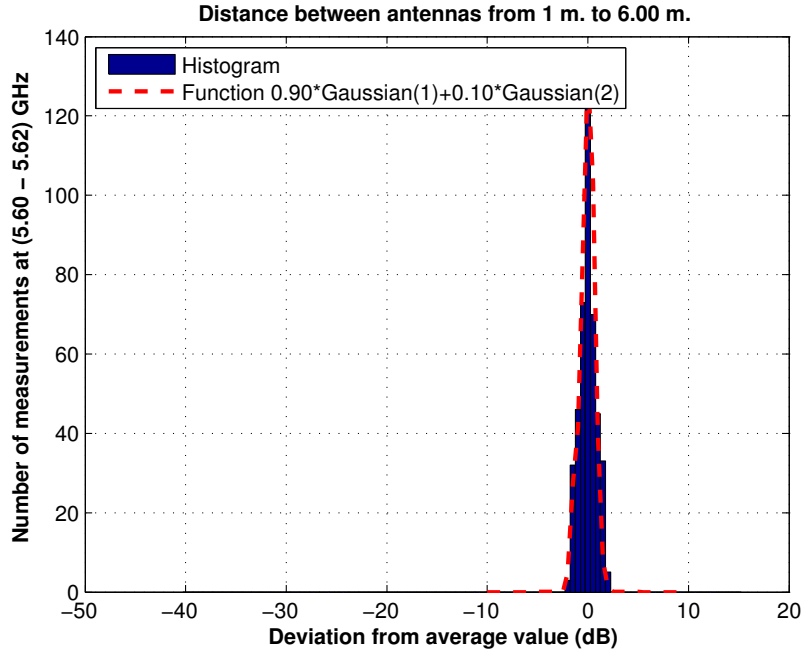


Figura 5.586: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

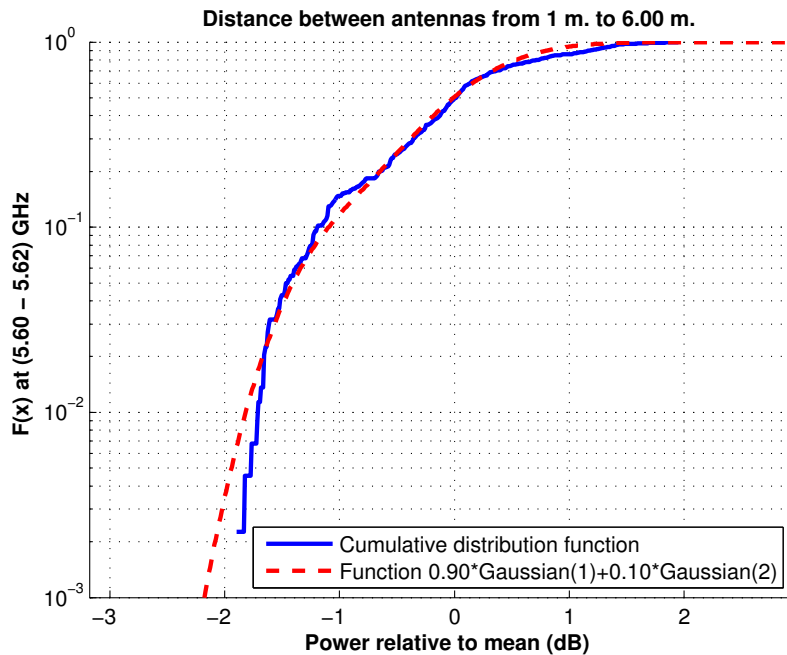


Figura 5.587: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.588 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=0.50$, $\sigma=4.08$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=6.30$, $\sigma=1.15$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.30$). La Figura 5.589 representa su correspondiente CDF.

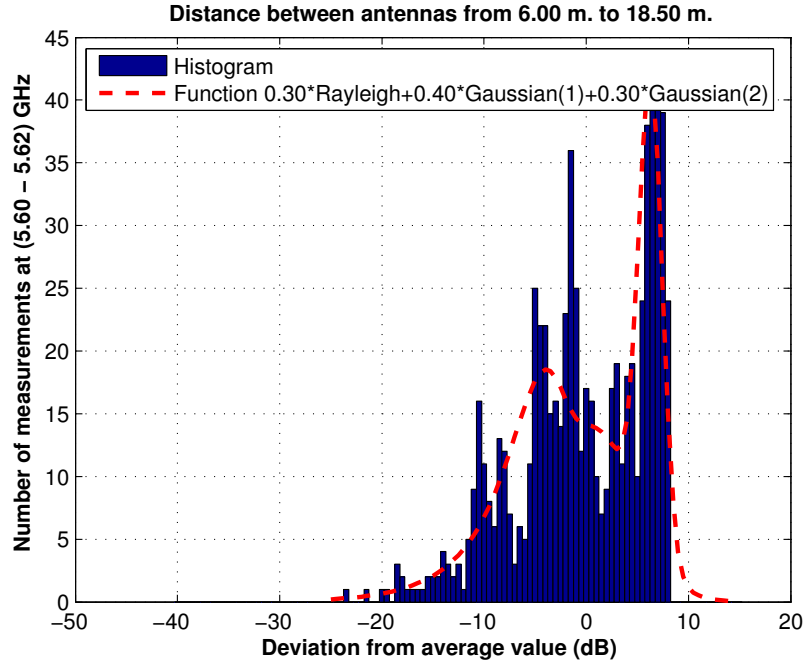


Figura 5.588: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

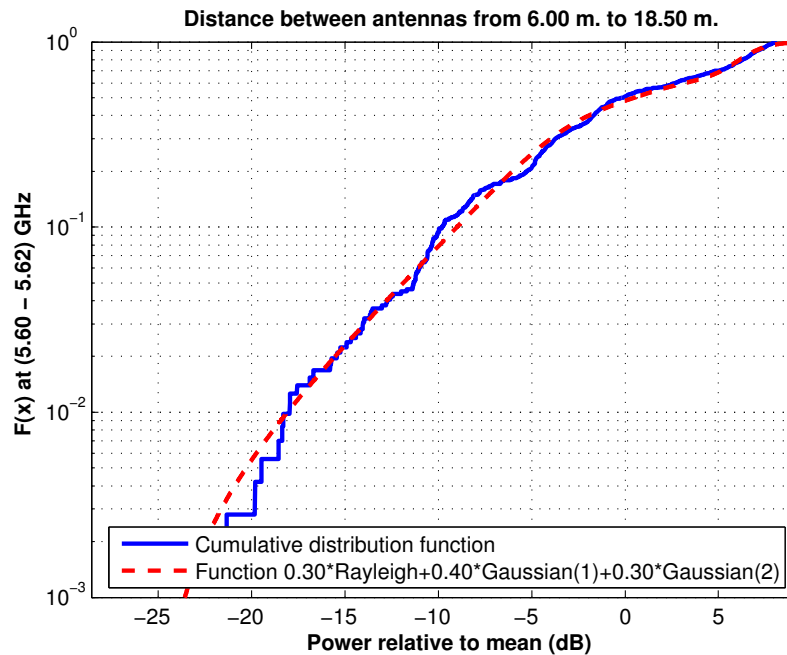


Figura 5.589: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.590 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

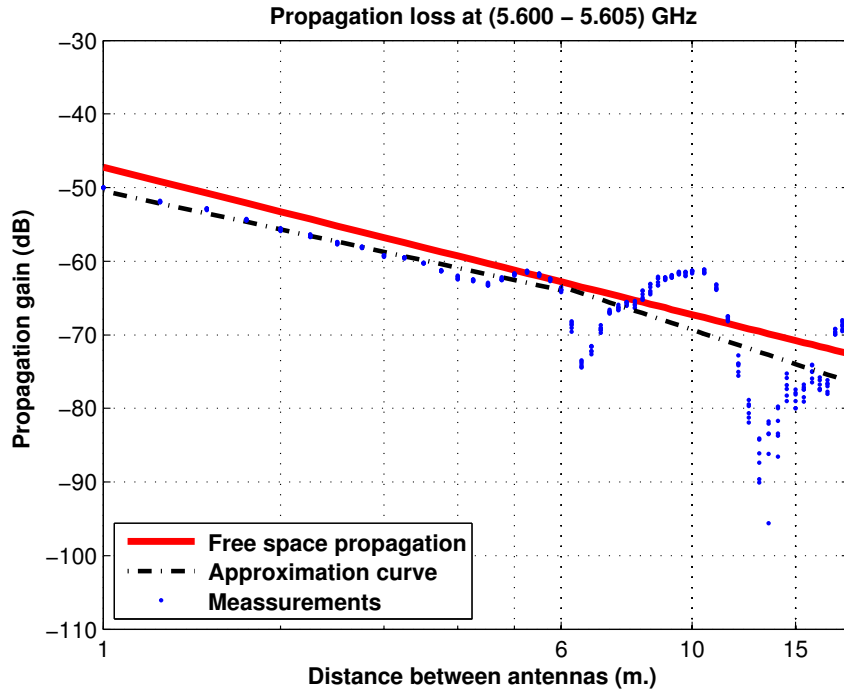


Figura 5.590: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,45 + 17,35 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,41 + 26,52 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.74$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.65$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.591 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.08$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.35$, $\sigma=0.35$). La Figura 5.592 representa su correspondiente CDF.

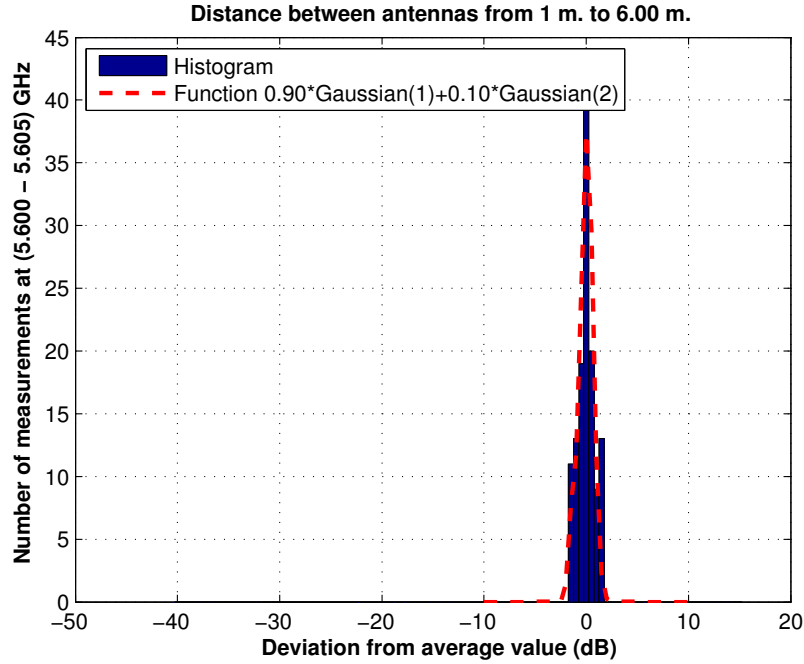


Figura 5.591: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

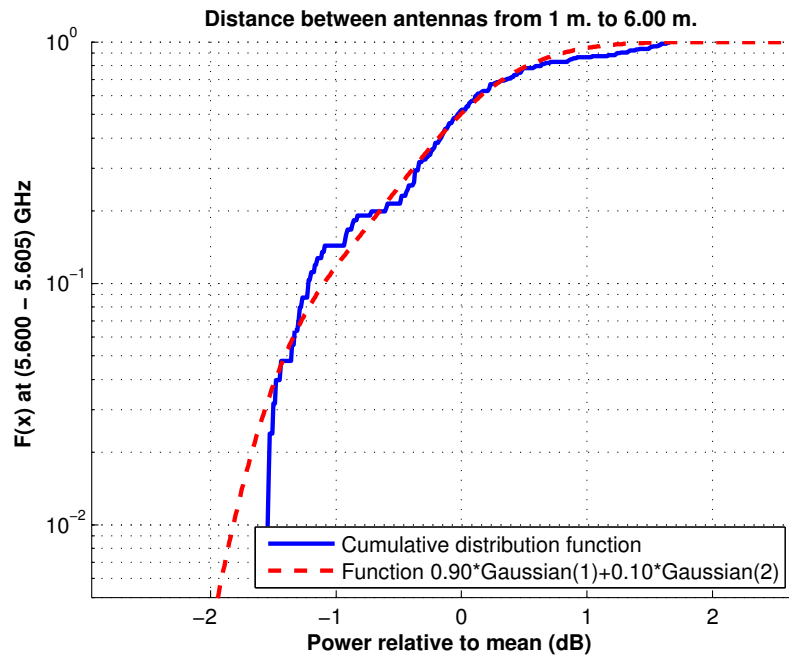


Figura 5.592: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.593 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (40 %, $\mu=0.50$, $\sigma=4.08$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=6.30$, $\sigma=1.15$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.30$). La Figura 5.594 representa su correspondiente CDF.

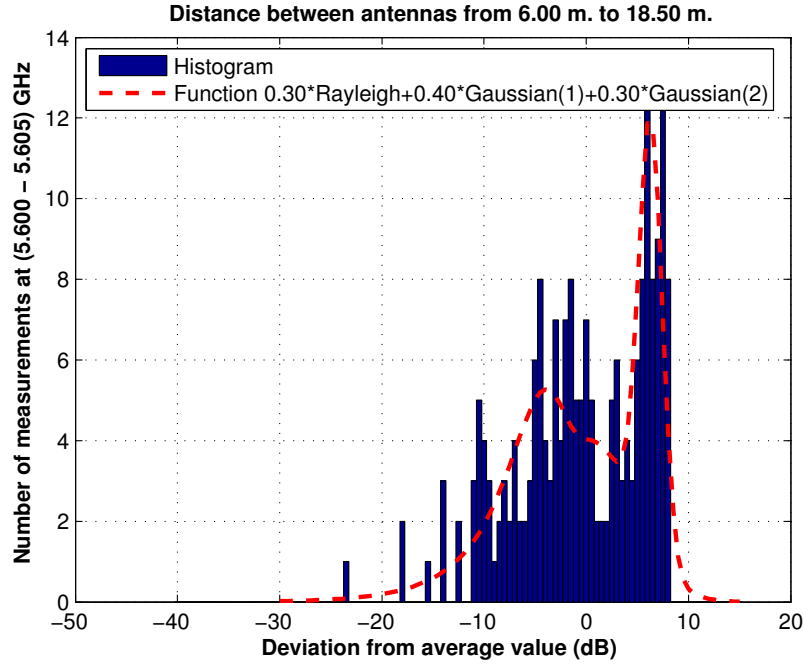


Figura 5.593: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

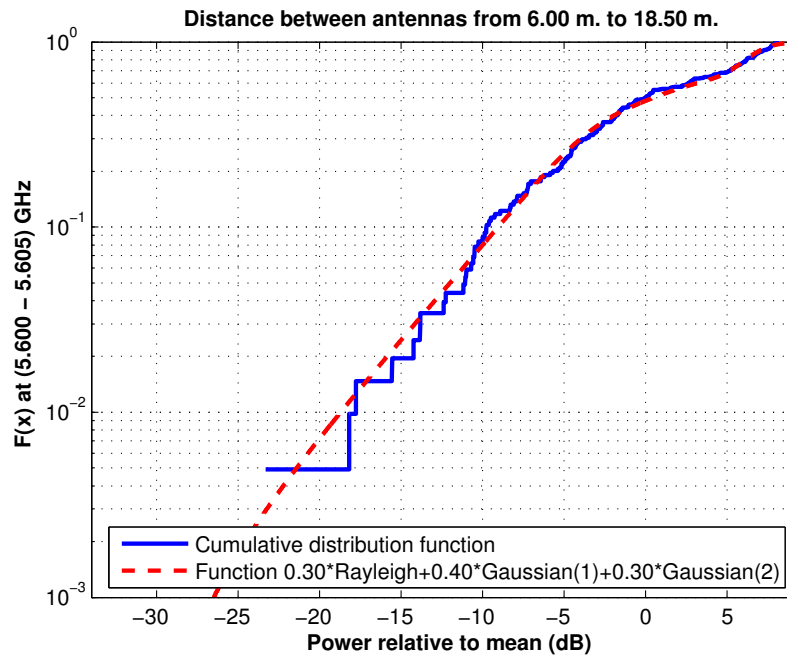


Figura 5.594: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.595 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

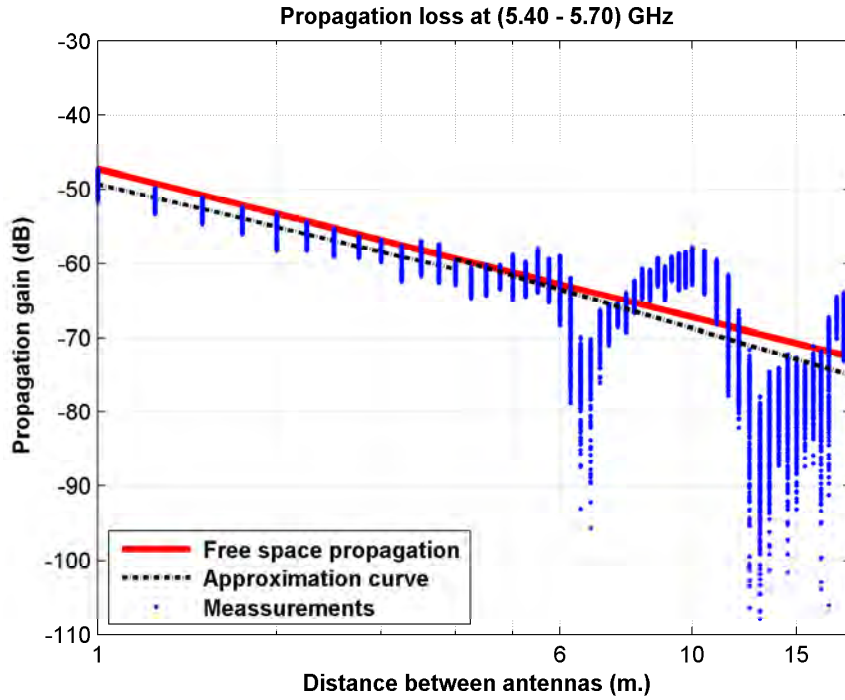


Figura 5.595: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,27 + 19,09 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 59,39 + 23,57 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.91$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.36$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.596 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (50 %, $\mu=0.75$, $\sigma=0.65$) y otra Función Gaussiana (50 %, $\mu=-0.70$, $\sigma=0.95$). La Figura 5.597 representa su correspondiente CDF.

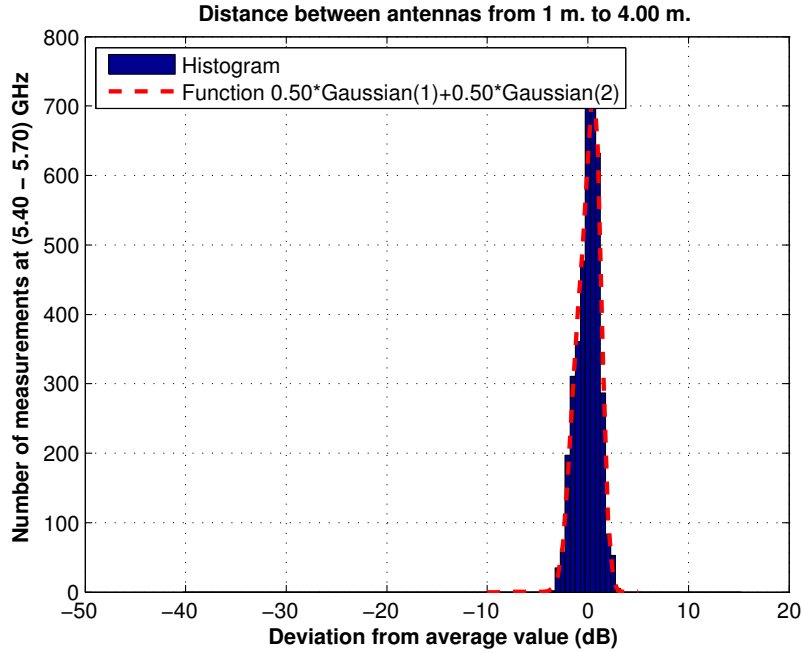


Figura 5.596: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

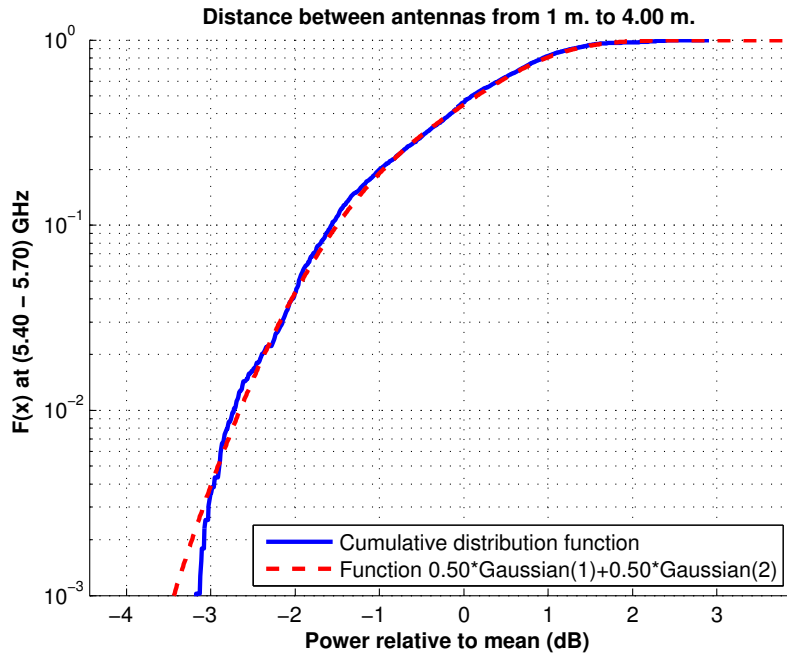


Figura 5.597: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.598 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (35 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=6.00$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.25$). La Figura 5.599 representa su correspondiente CDF.

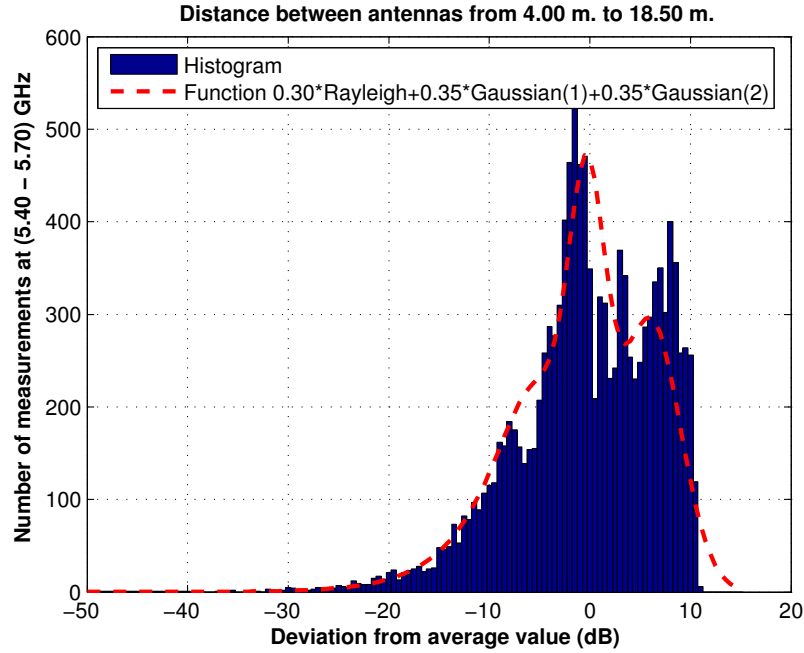


Figura 5.598: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

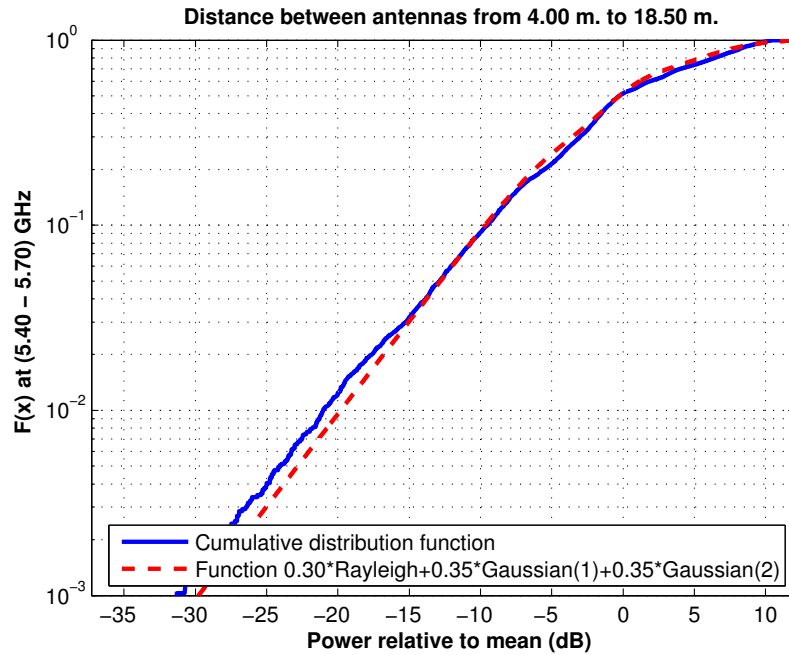


Figura 5.599: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.600 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

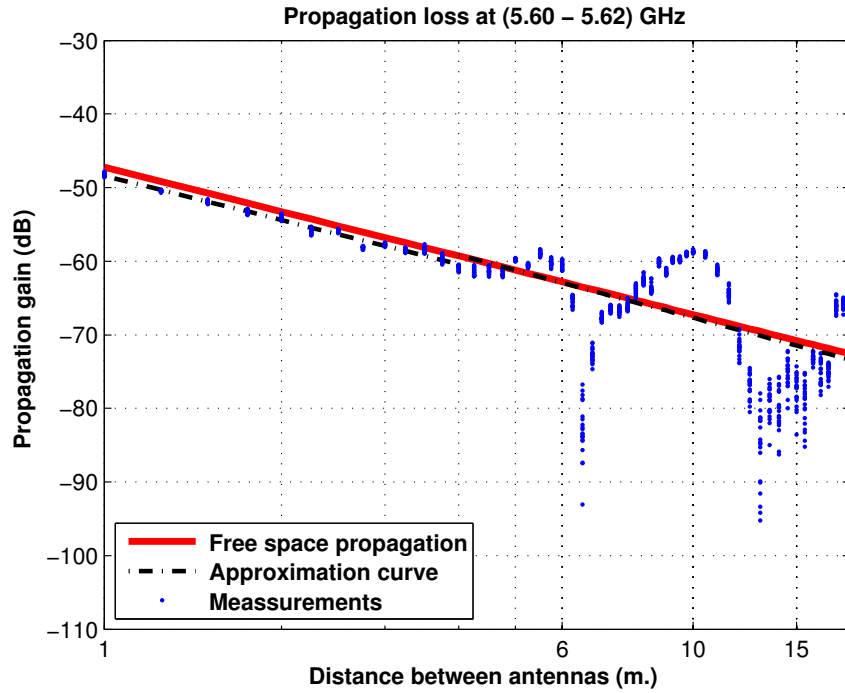


Figura 5.600: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,40 + 19,95 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 59,17 + 21,40 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.14$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 4 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.601 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=0.15$, $\sigma=0.35$) y otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-0.75$, $\sigma=0.30$). La Figura 5.602 representa su correspondiente CDF.

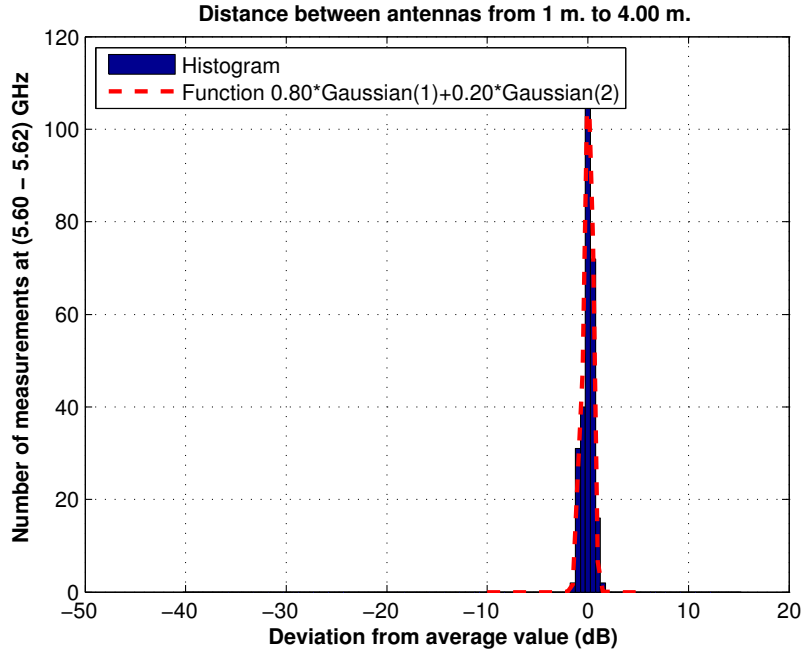


Figura 5.601: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

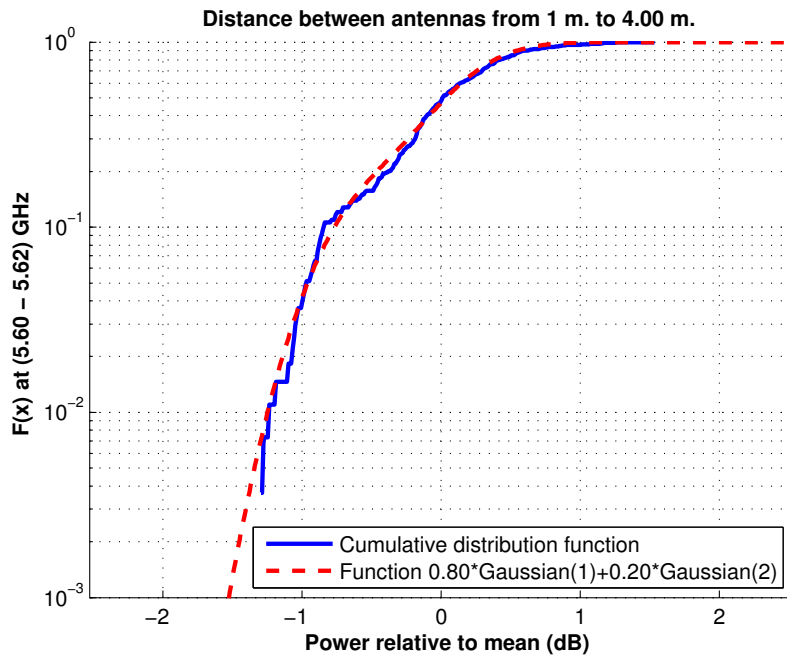


Figura 5.602: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.603 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (35 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (35 %, $\mu=6.00$, $\sigma=2.50$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.25$). La Figura 5.604 representa su correspondiente CDF.

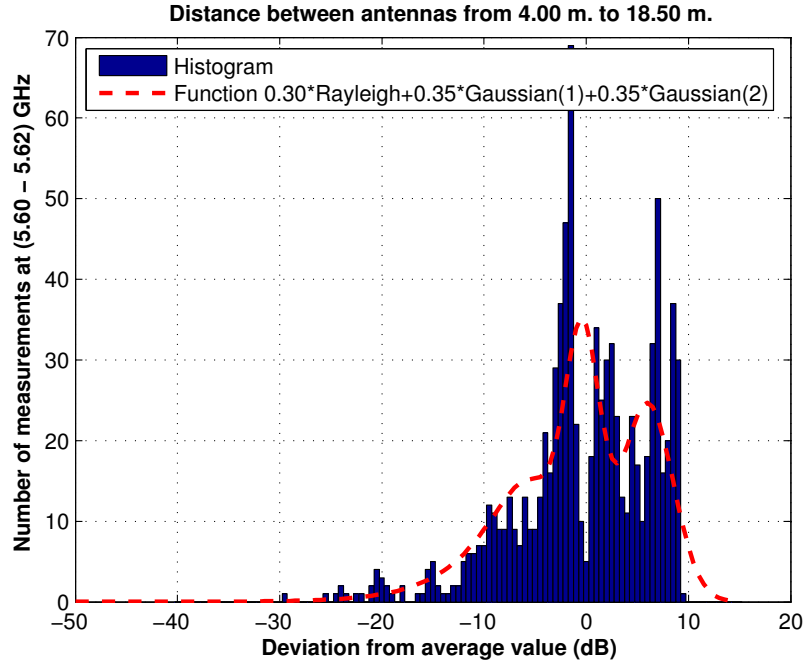


Figura 5.603: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

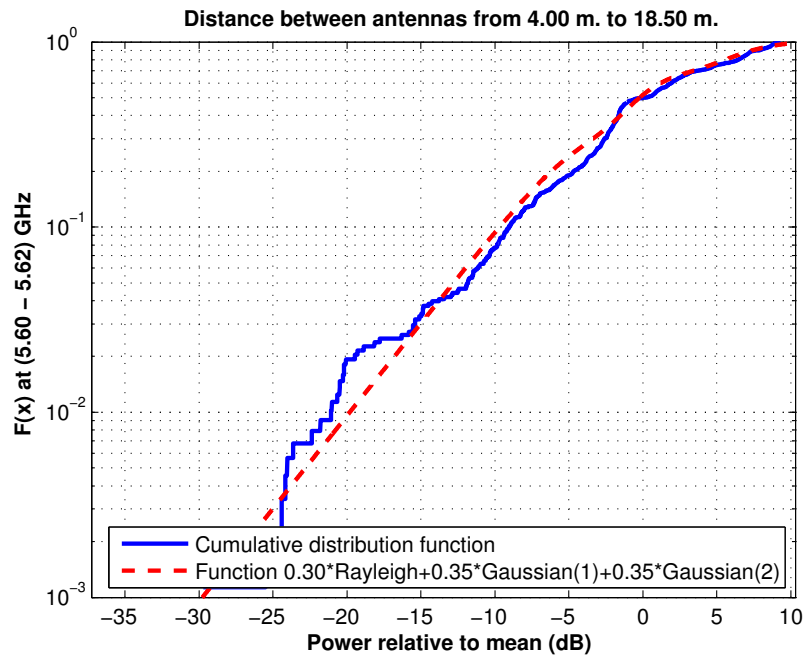


Figura 5.604: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.605 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

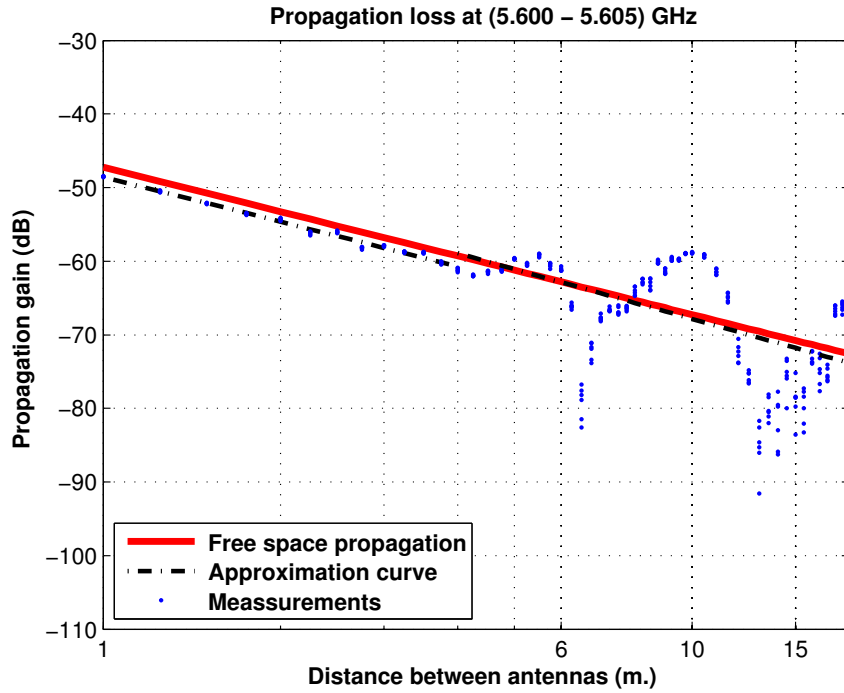


Figura 5.605: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,57 + 20,16 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 58,92 + 22,41 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.02$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.24$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.606 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una única Función Gaussiana (100 %, $\mu=0.00$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.607 representa su correspondiente CDF.

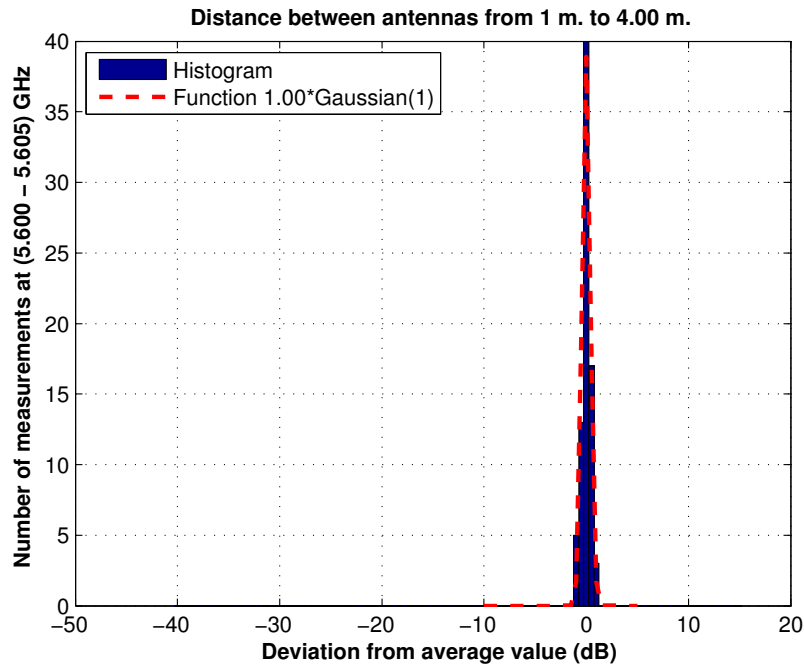


Figura 5.606: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

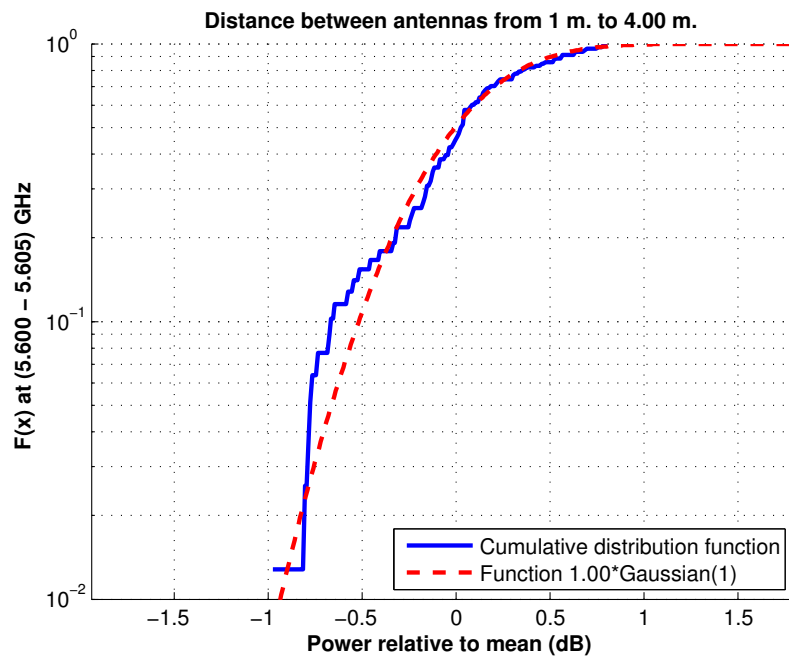


Figura 5.607: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.608 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (20 %, $\mu=7.00$, $\sigma=1.40$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=4.00$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (70 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.609 representa su correspondiente CDF.

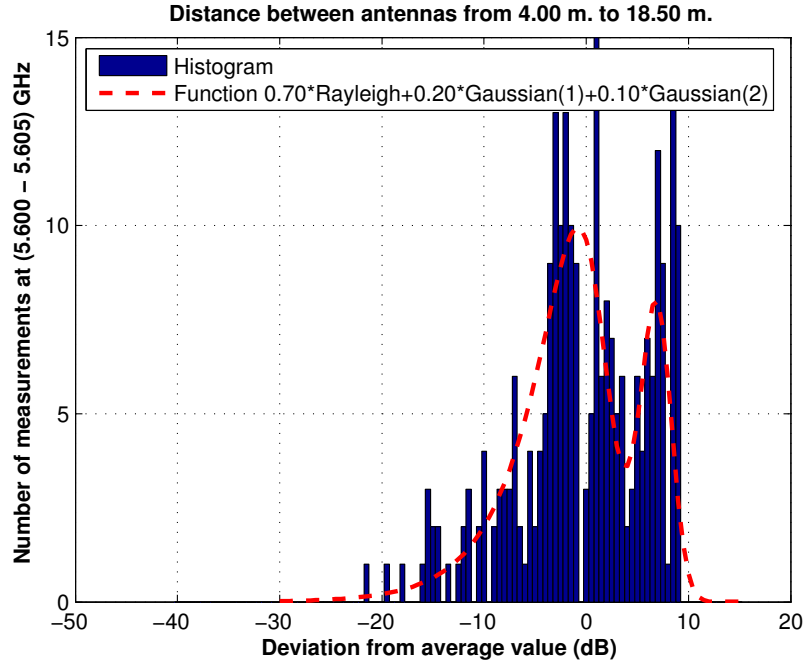


Figura 5.608: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

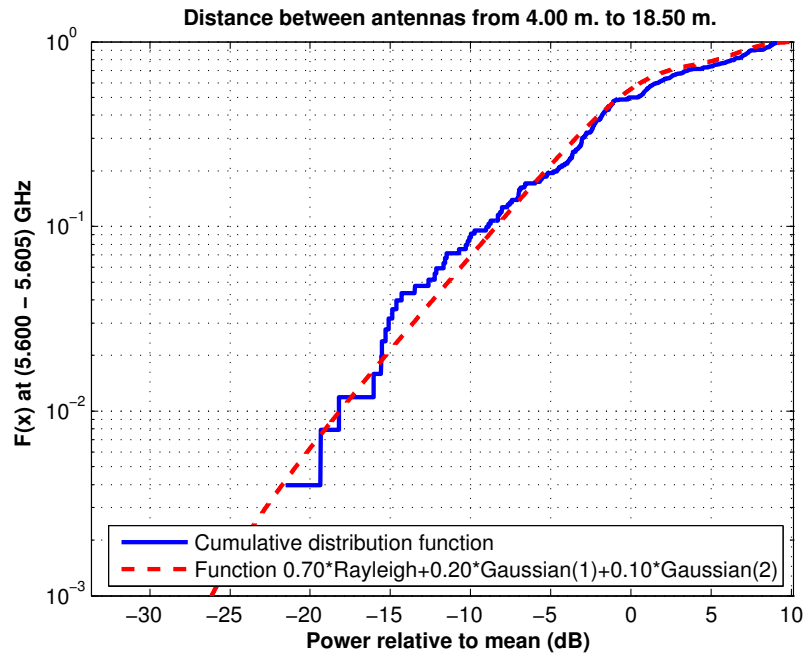


Figura 5.609: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.610 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

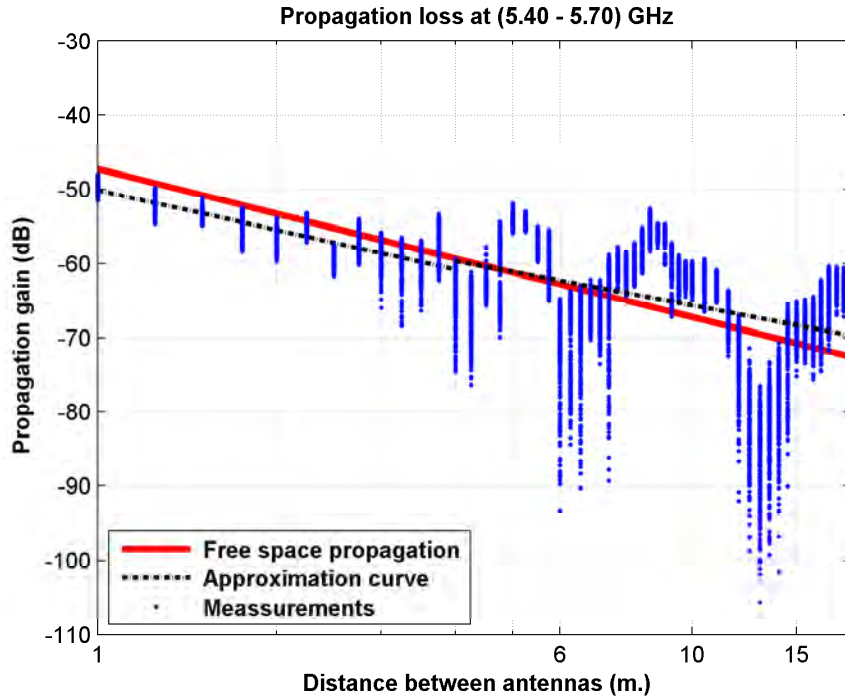


Figura 5.610: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,09 + 17,75 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 59,64 + 15,14 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.78$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.51$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.611 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (79 %, $\mu=0.00$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (13 %, $\mu=2.50$, $\sigma=1.60$) y una Función Rayleigh (8 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.612 representa su correspondiente CDF.

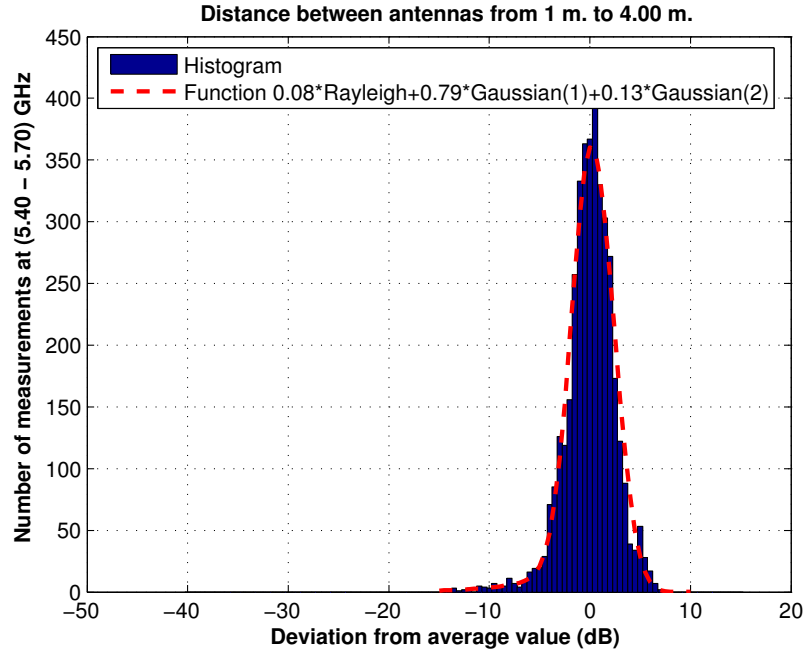


Figura 5.611: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

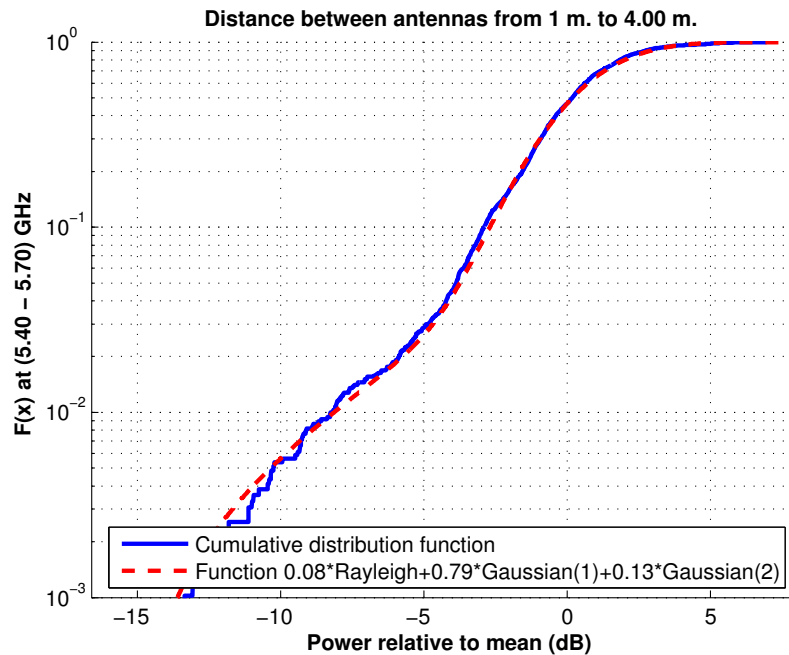


Figura 5.612: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.613 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=4.50$, $\sigma=2.60$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-13.00$, $\sigma=7.50$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.60$). La Figura 5.614 representa su correspondiente CDF.

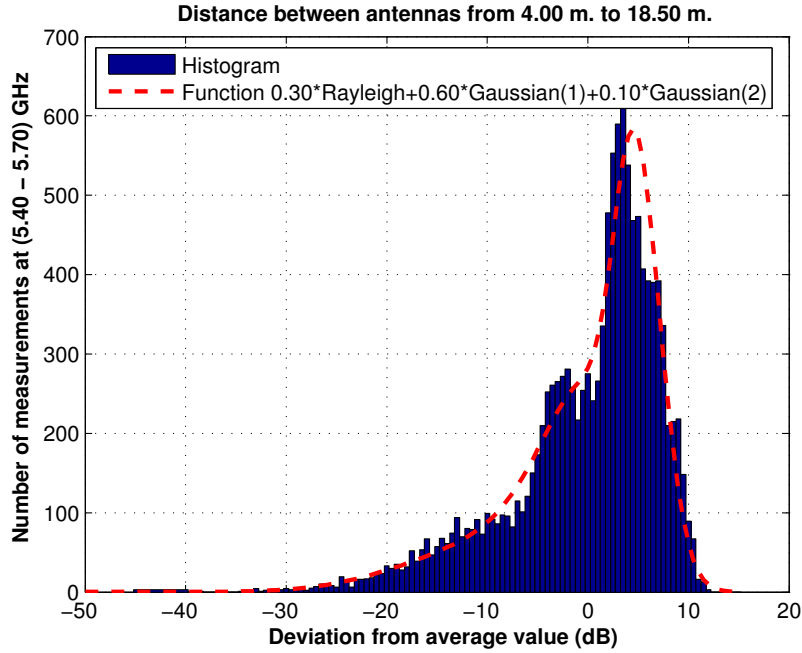


Figura 5.613: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

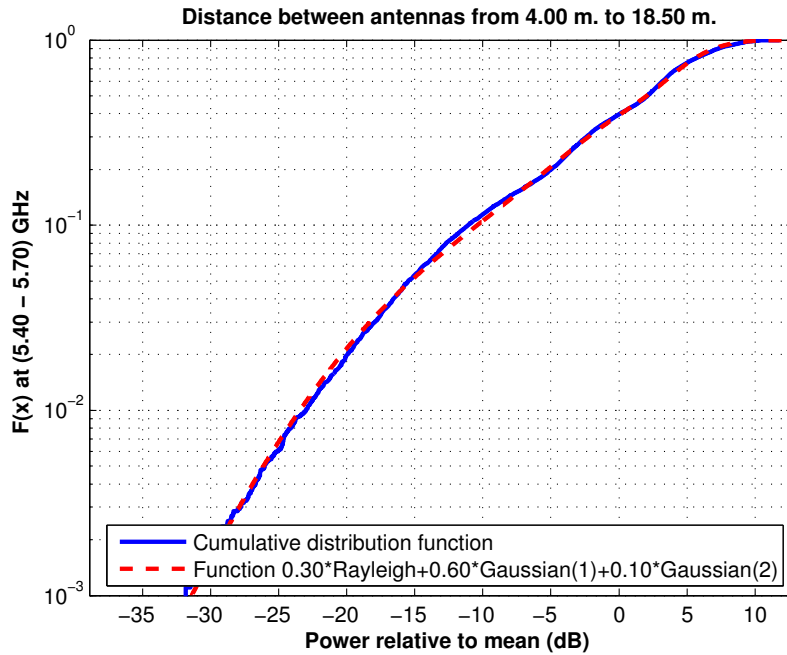


Figura 5.614: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.615 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

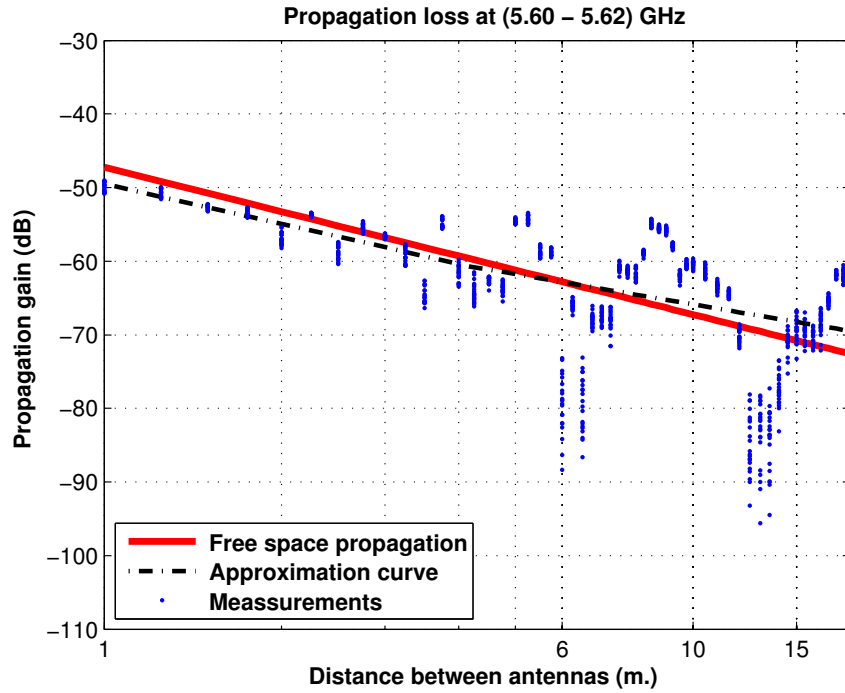


Figura 5.615: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,50 + 18,04 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 60,45 + 13,59 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.80$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.36$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.616 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=-0.20$, $\sigma=2.60$) y otra Función Gaussiana (25 %, $\mu=0.20$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.617 representa su correspondiente CDF.

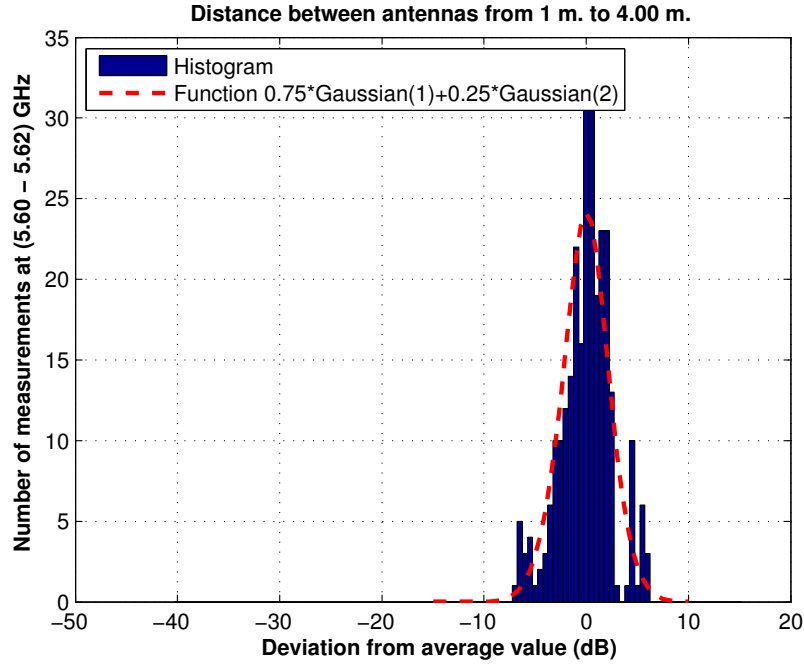


Figura 5.616: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

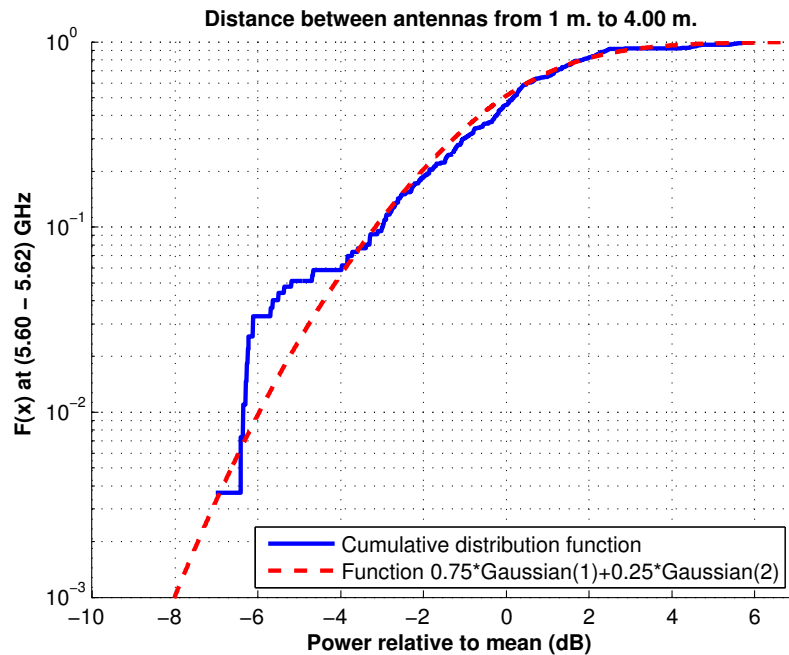


Figura 5.617: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.618 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=4.50$, $\sigma=2.60$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-15.00$, $\sigma=5.50$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.60$). La Figura 5.619 representa su correspondiente CDF.

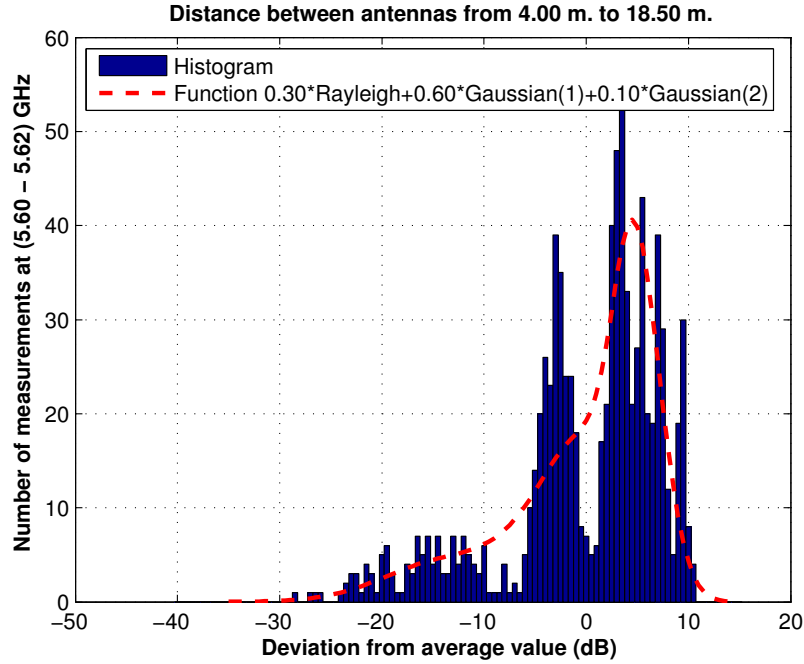


Figura 5.618: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

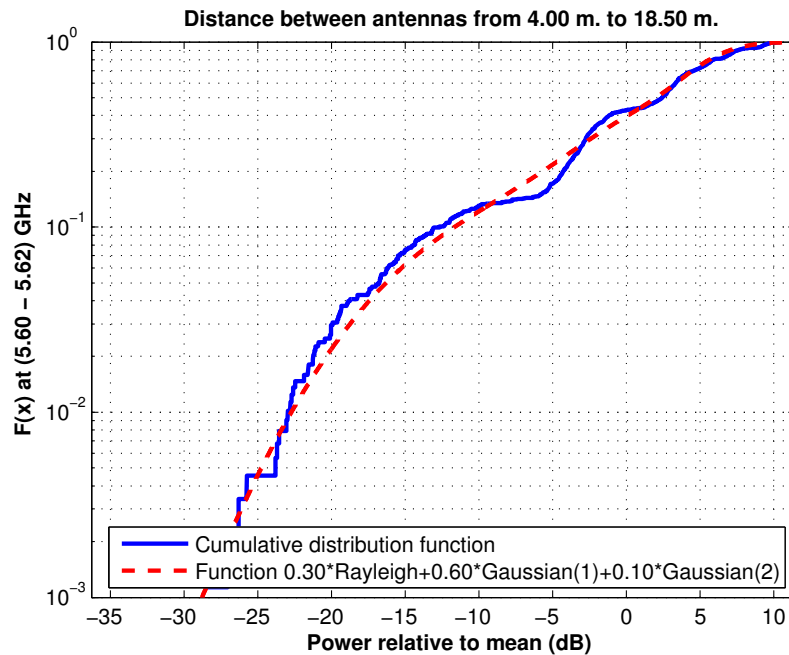


Figura 5.619: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.620 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

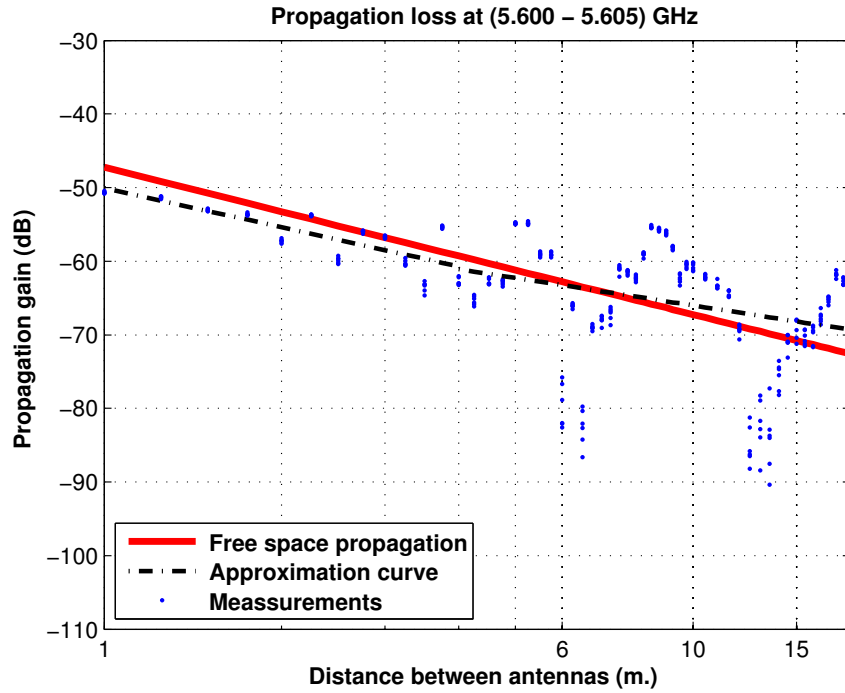


Figura 5.620: Pérdidas del pasillo estrecho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,07 + 17,67 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,00 \text{ m.} \\ 61,09 + 12,36 * \log_{10}(d/4,00); & \text{si } d > 4,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.77$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.24$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 4 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 4 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.621 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (75 %, $\mu=-0.20$, $\sigma=2.20$) y otra Función Gaussiana (25 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.60$). La Figura 5.622 representa su correspondiente CDF.

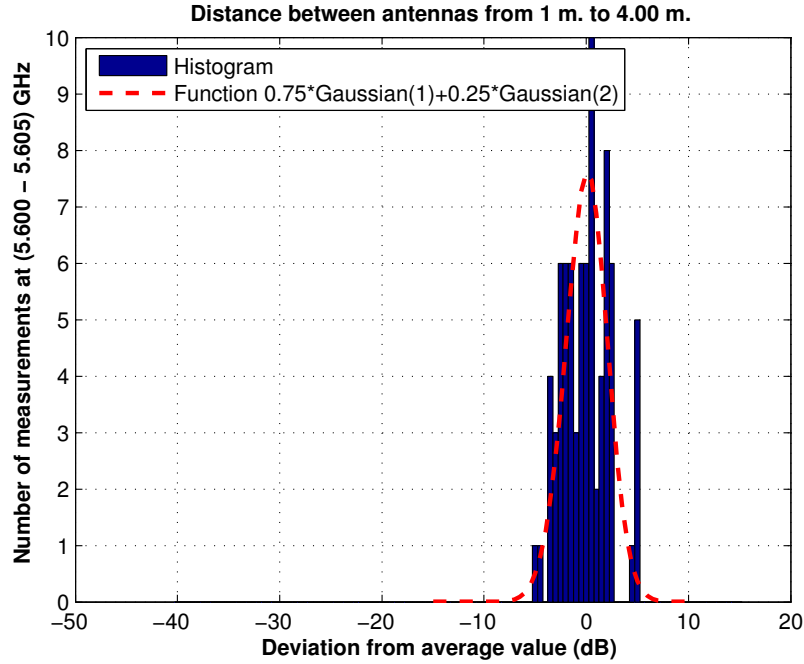


Figura 5.621: Histograma 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

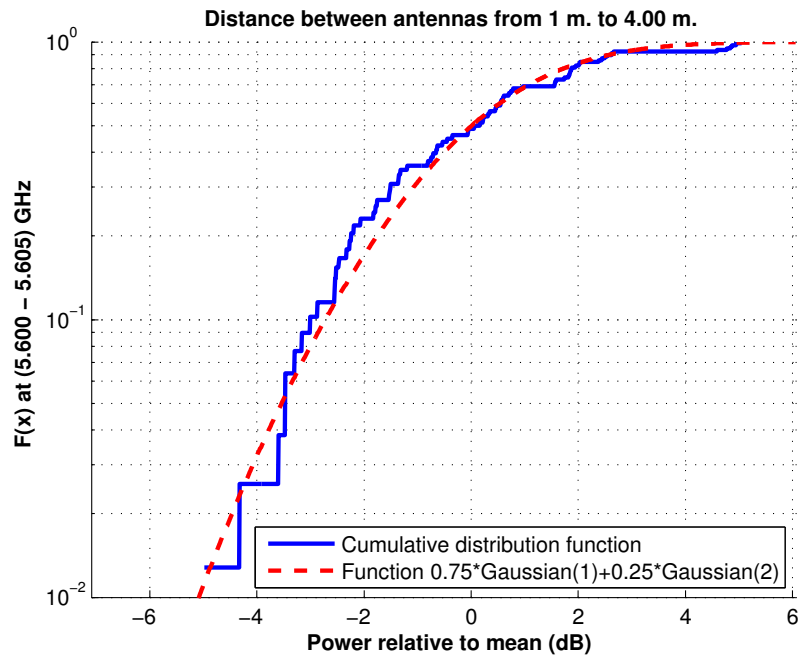


Figura 5.622: CDF 1 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.623 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=4.50$, $\sigma=2.60$), otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-17.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (30 %, $\sigma=0.60$). La Figura 5.624 representa su correspondiente CDF.

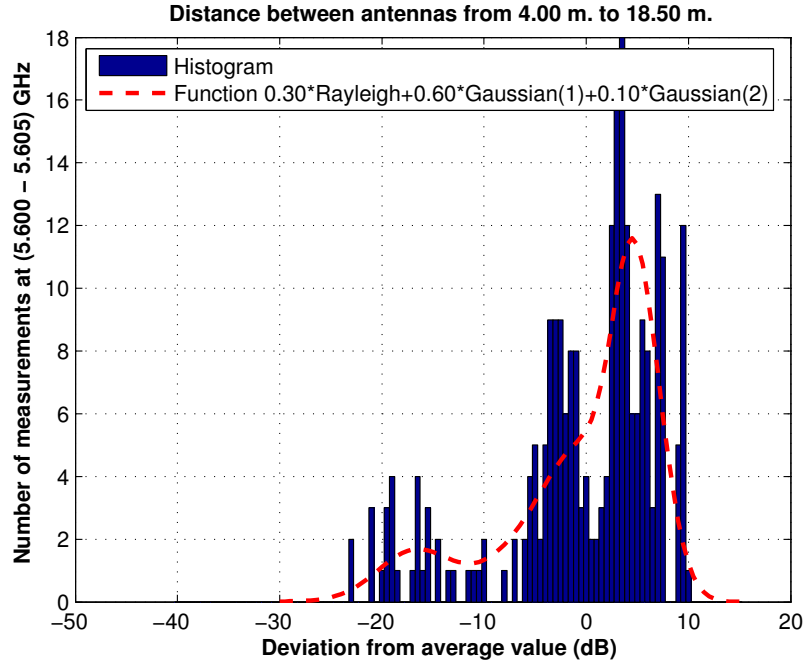


Figura 5.623: Histograma 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

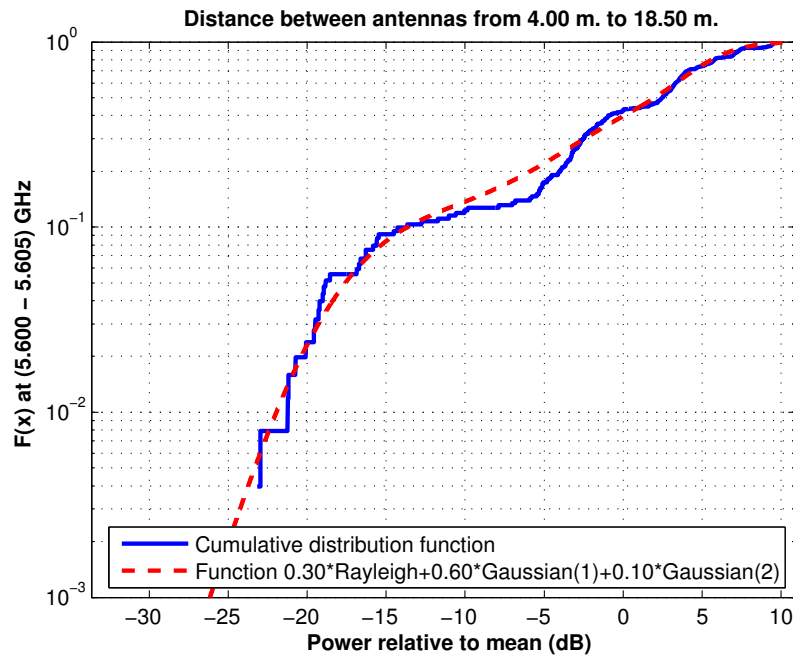


Figura 5.624: CDF 2 en pasillo estrecho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

5.3.2. Escenario 16: Pasillo ancho cerrado, Planta 4, Edificio B

Entorno: Pasillo ancho en la Planta 4 del Edificio B. En rojo se representan los puestos anti-incendios.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las antenas 1 y 4 como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz. Canal de 20 MHz de 5.60 GHz a 5.62 GHz. Canal de 5 MHz de 5.600 GHz a 5.605 GHz.

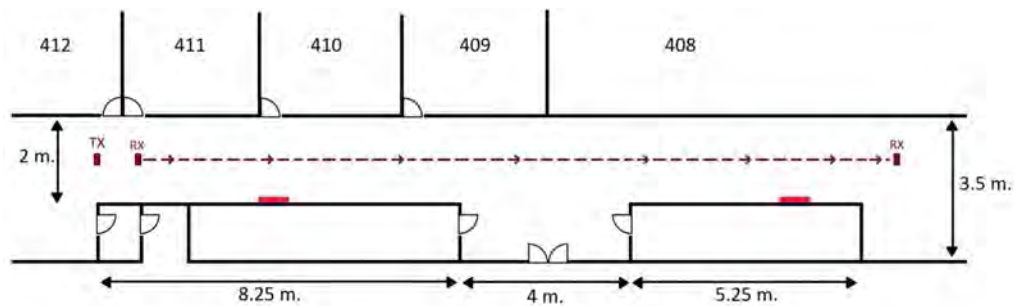


Figura 5.625: Plano del pasillo ancho, Planta 4, Edificio B



Figura 5.626: Foto del pasillo ancho, Planta 4, Edificio B

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.627 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

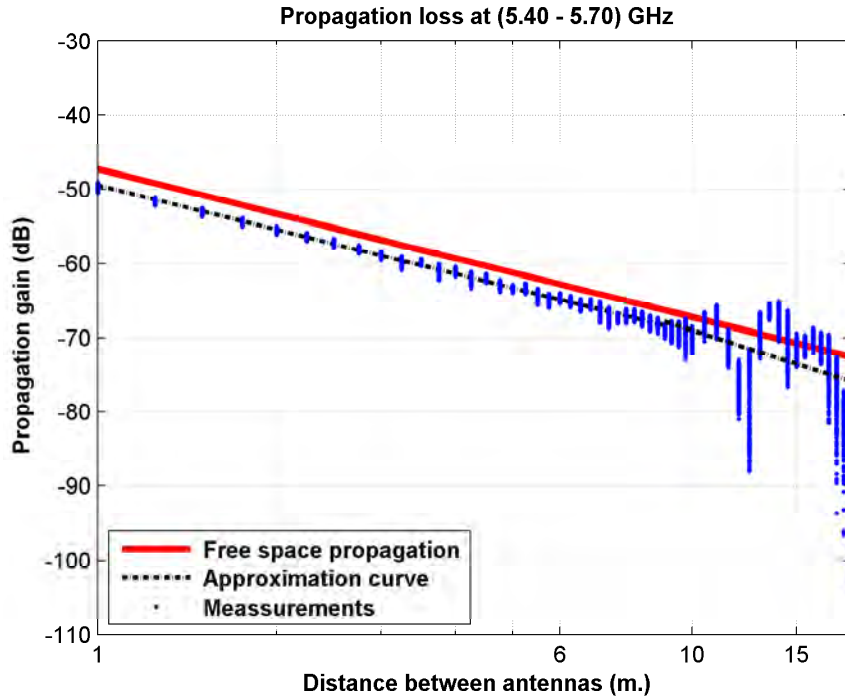


Figura 5.627: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,43 + 19,86 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,83 + 25,68 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.57$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.628 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.10$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.65$, $\sigma=0.53$). La Figura 5.629 representa su correspondiente CDF.

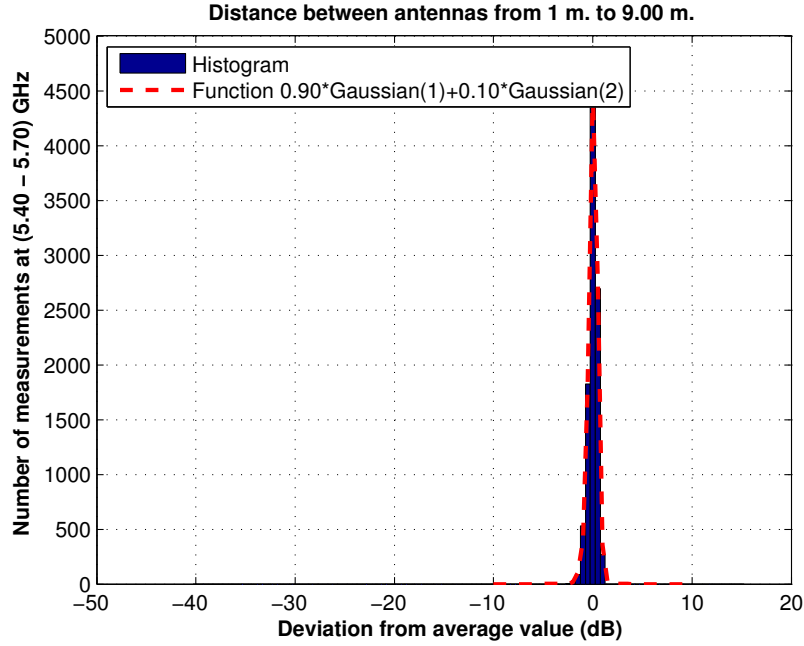


Figura 5.628: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

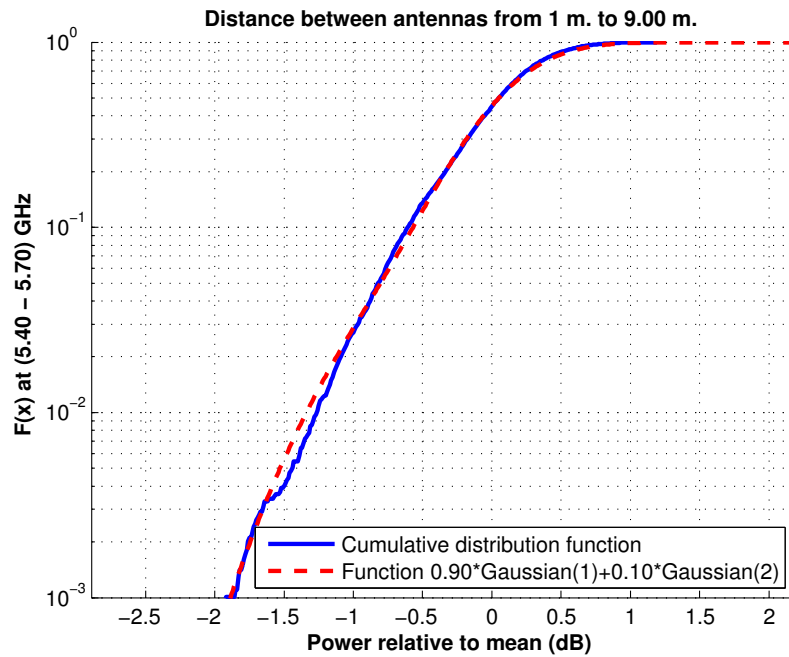


Figura 5.629: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.630 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (45 %, $\mu=-0.50$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=3.80$, $\sigma=1.60$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=0.50$). La Figura 5.631 representa su correspondiente CDF.

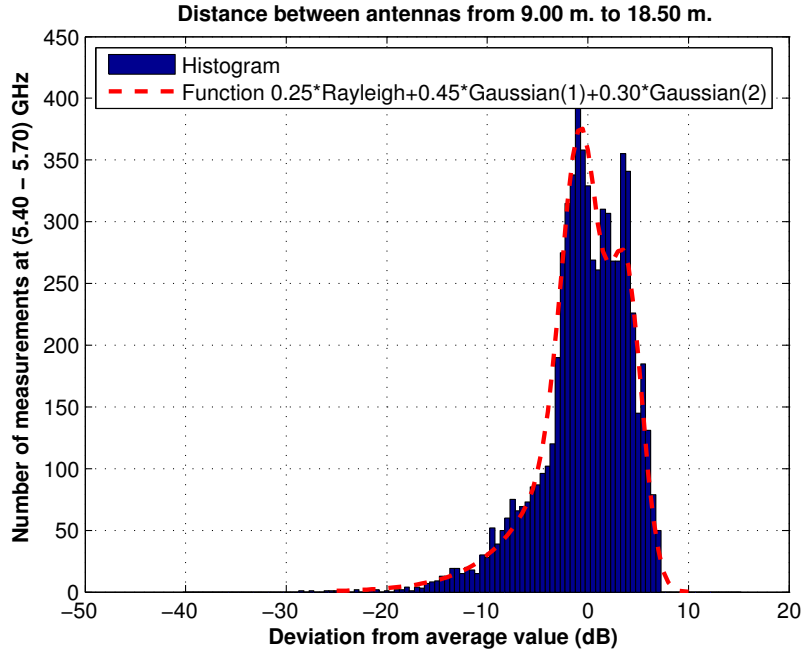


Figura 5.630: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

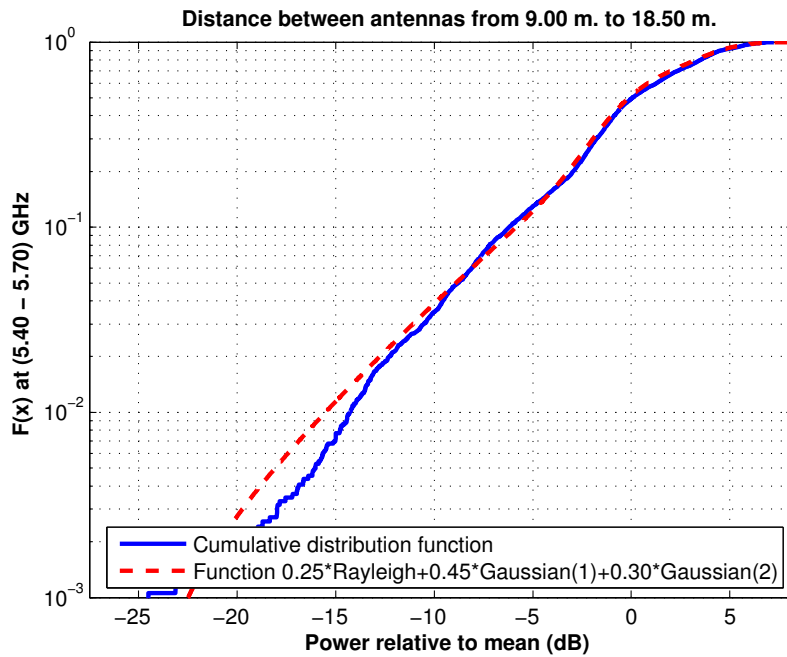


Figura 5.631: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.632 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

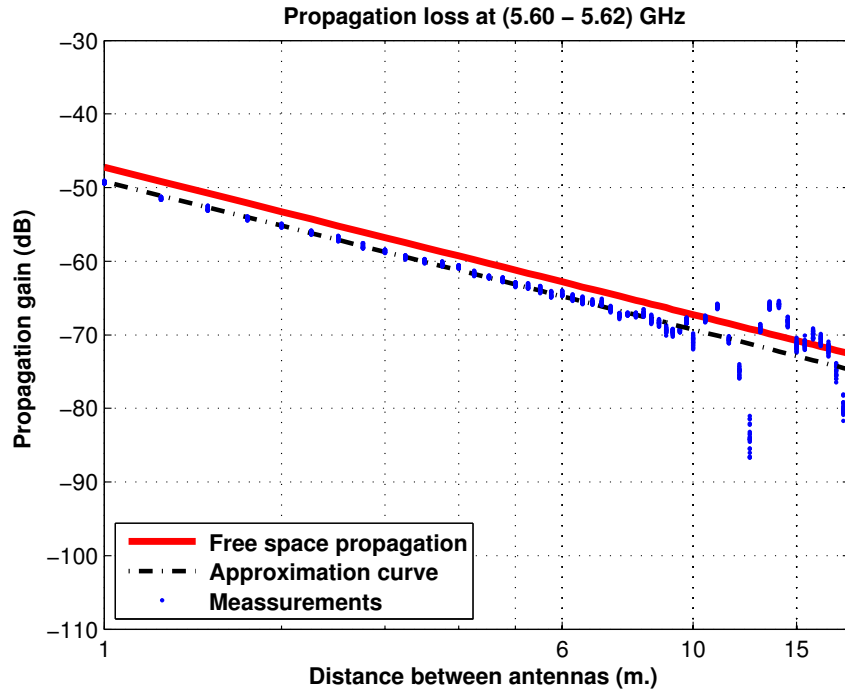


Figura 5.632: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,14 + 20,09 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,34 + 20,42 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.01$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.04$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.633 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.30$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.55$, $\sigma=0.48$). La Figura 5.634 representa su correspondiente CDF.

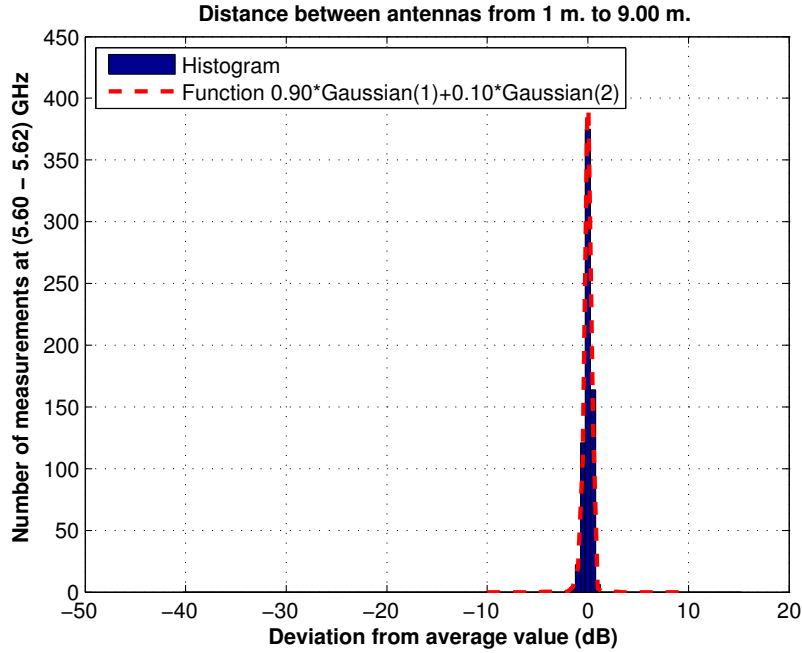


Figura 5.633: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

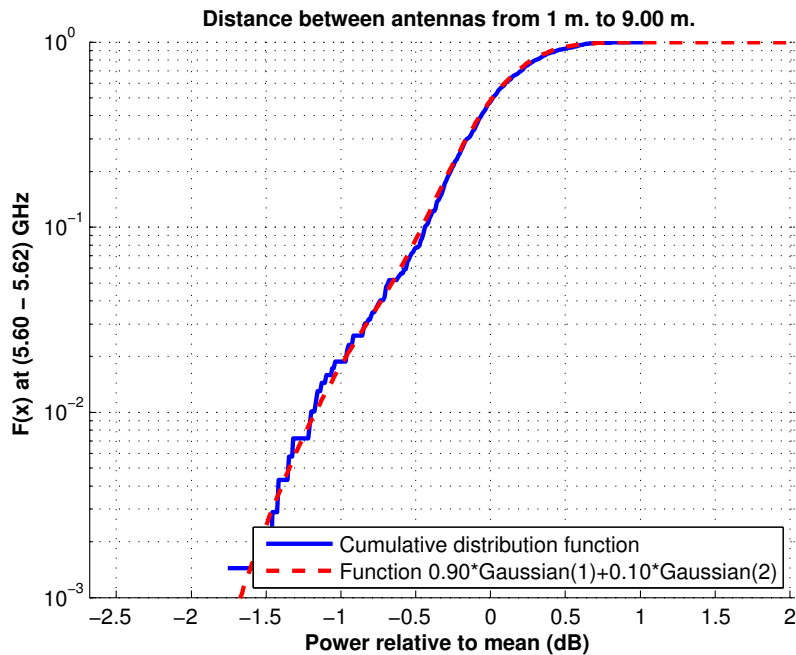


Figura 5.634: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.635 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (67 %, $\mu=0.70$, $\sigma=2.30$), otra Función Gaussiana (8 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=1.80$). La Figura 5.636 representa su correspondiente CDF.

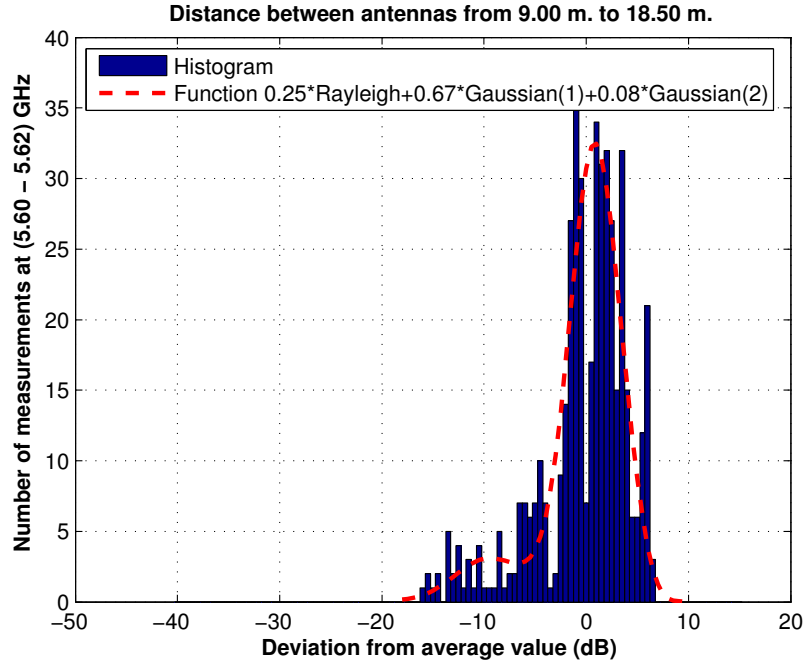


Figura 5.635: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

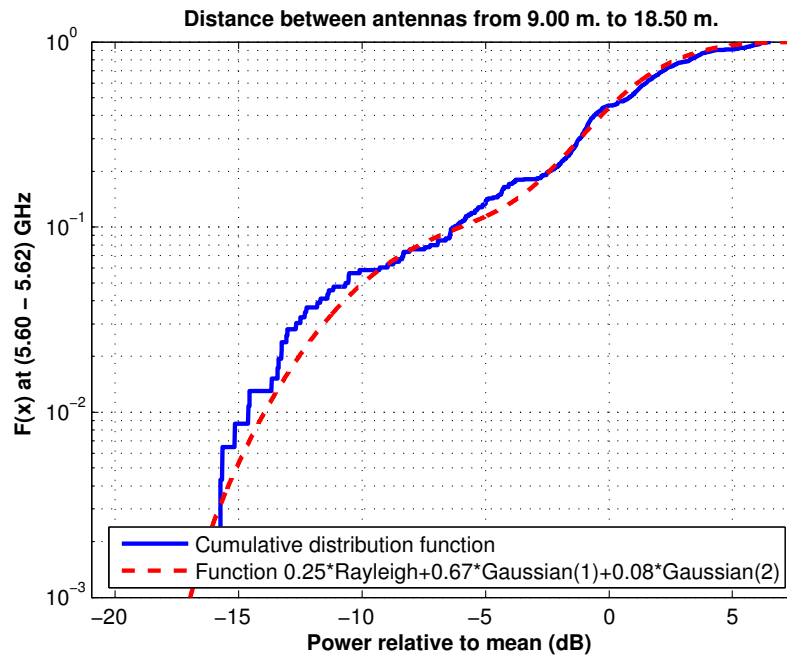


Figura 5.636: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.637 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

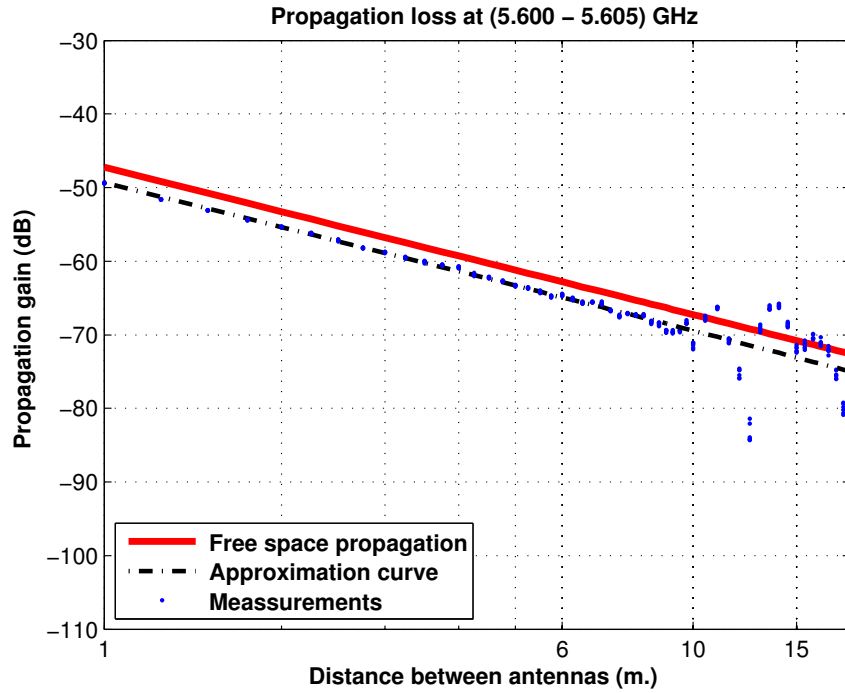


Figura 5.637: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,31 + 20,05 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 68,47 + 20,80 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.01$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.08$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 9 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.638 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.09$, $\sigma=0.26$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.55$, $\sigma=0.40$). La Figura 5.639 representa su correspondiente CDF.

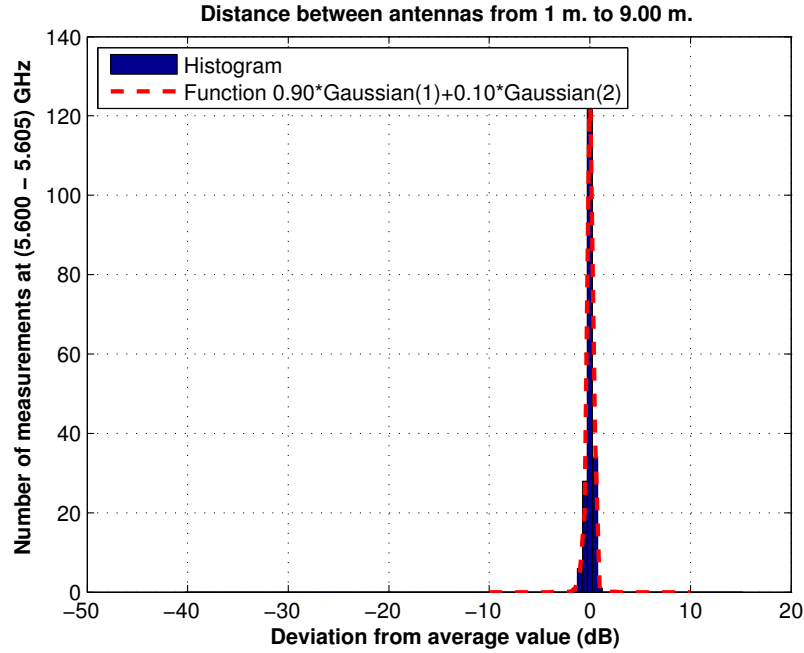


Figura 5.638: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

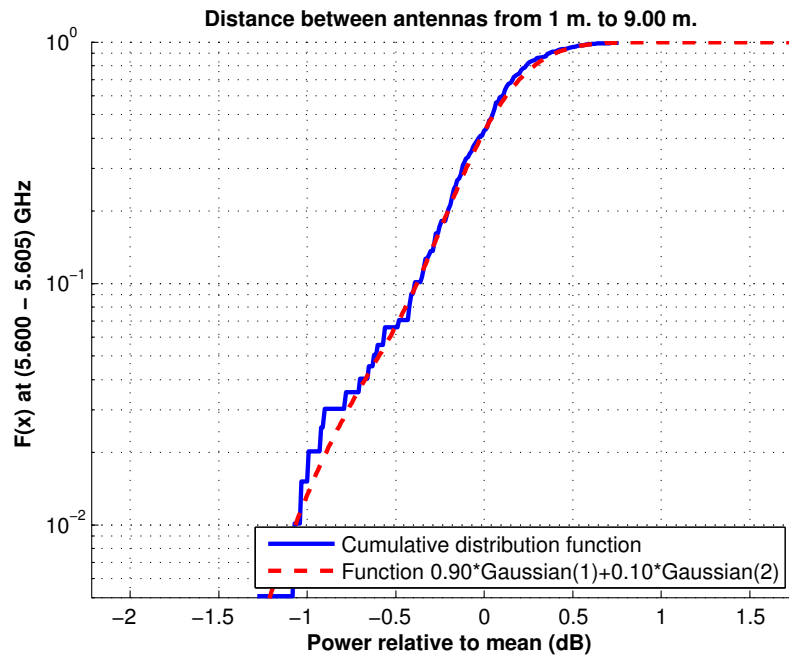


Figura 5.639: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.640 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (67 %, $\mu=0.70$, $\sigma=2.60$), otra Función Gaussiana (8 %, $\mu=-10.00$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (25 %, $\sigma=1.80$). La Figura 5.641 representa su correspondiente CDF.

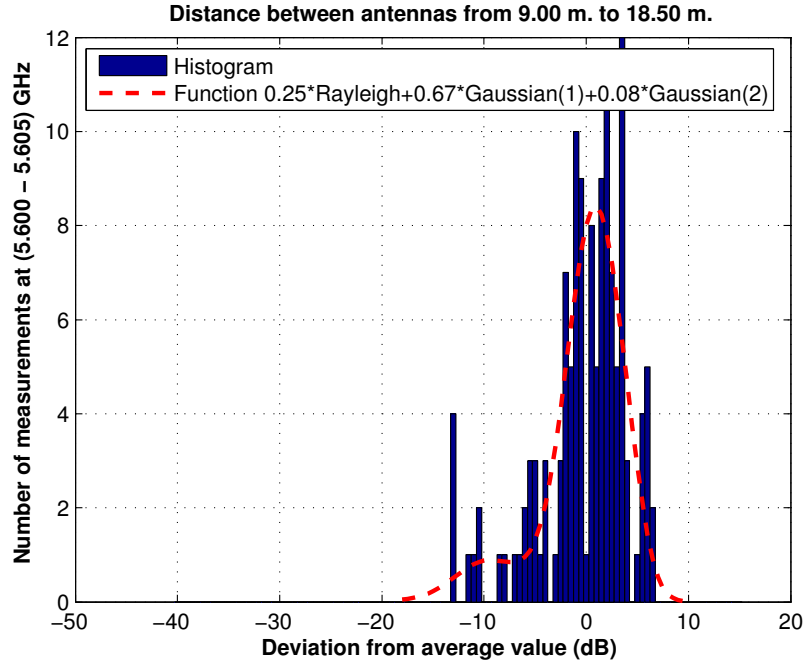


Figura 5.640: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

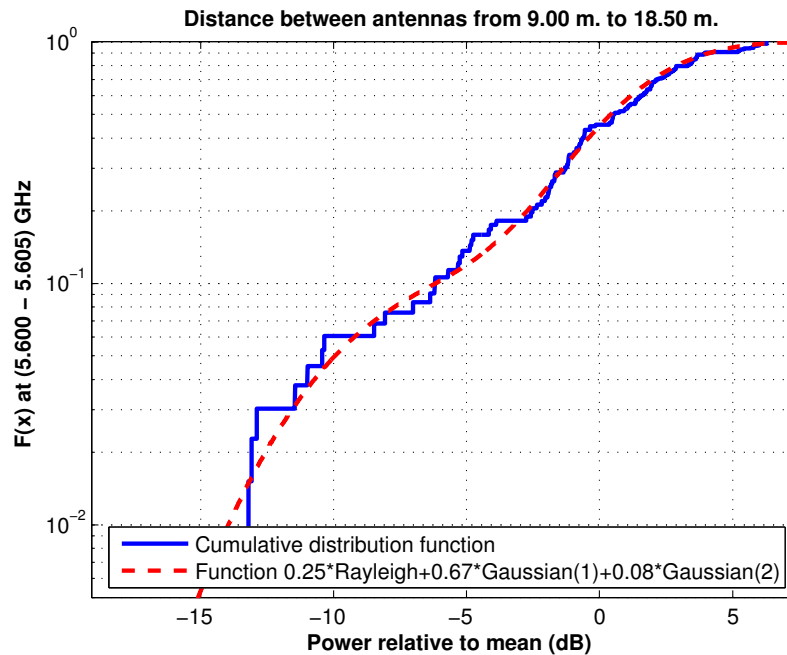


Figura 5.641: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.642 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

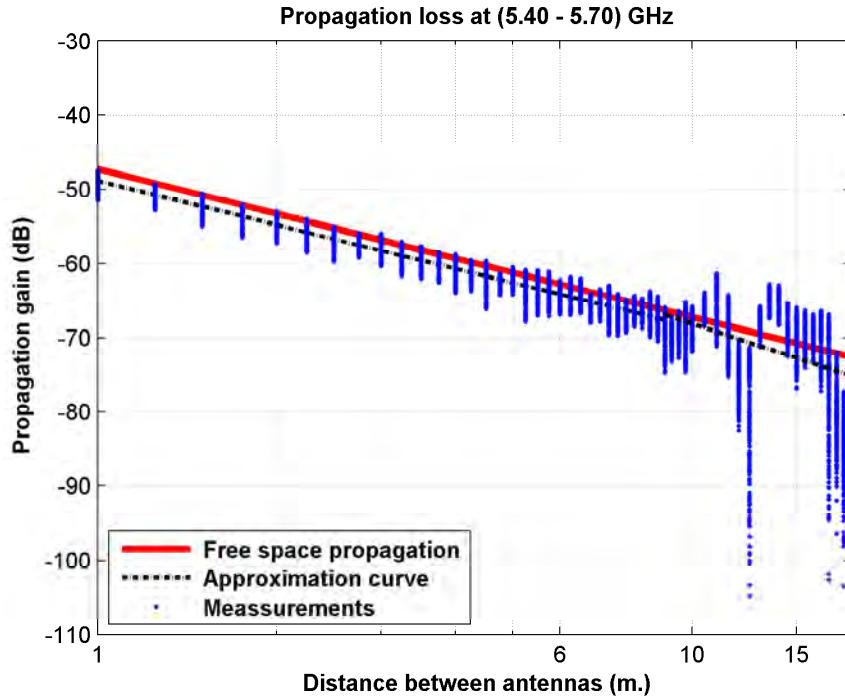


Figura 5.642: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,83 + 19,71 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,93 + 26,17 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.97$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.62$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.643 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (44 %, $\mu=1.10$, $\sigma=0.60$), otra Función Gaussiana (52 %, $\mu=-0.85$, $\sigma=1.10$) y una Función Rayleigh (4 %, $\sigma=1.20$). La Figura 5.644 representa su correspondiente CDF.

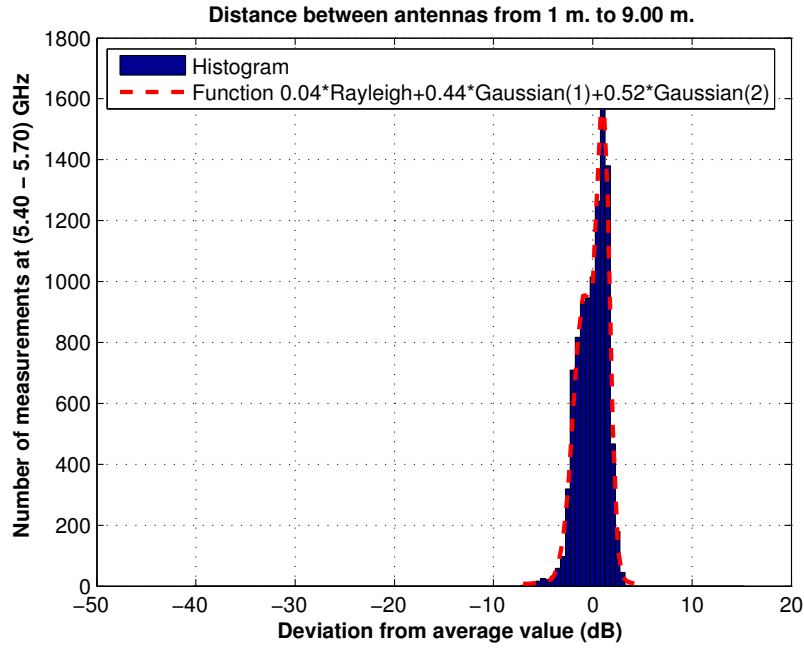


Figura 5.643: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

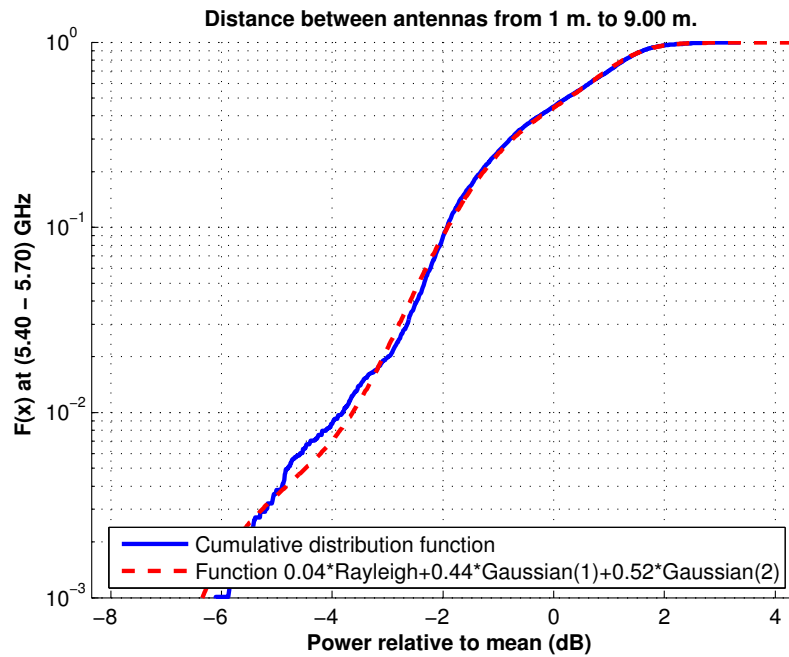


Figura 5.644: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.645 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (5 %, $\mu=-1.80$, $\sigma=1.00$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=4.50$, $\sigma=1.80$) y una Función Rayleigh (65 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.646 representa su correspondiente CDF.

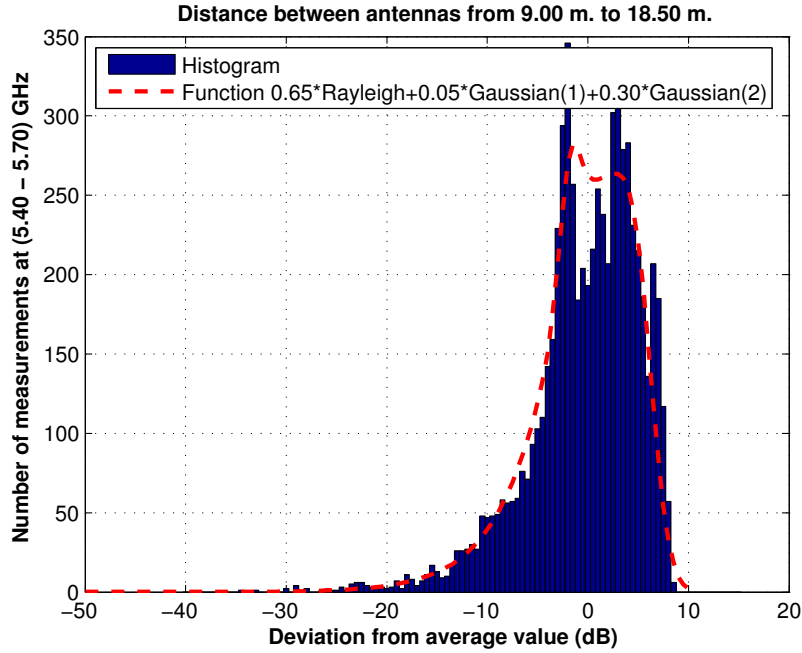


Figura 5.645: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

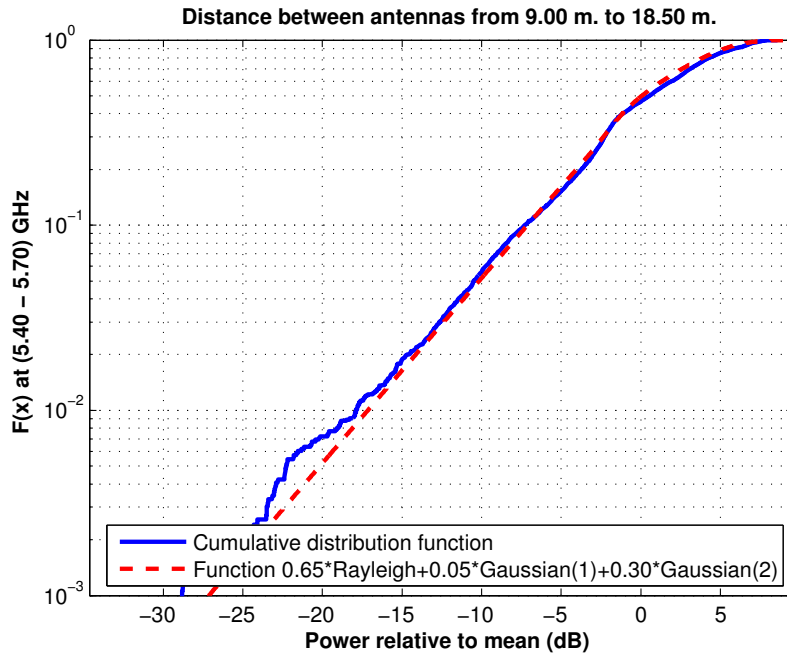


Figura 5.646: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.647 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

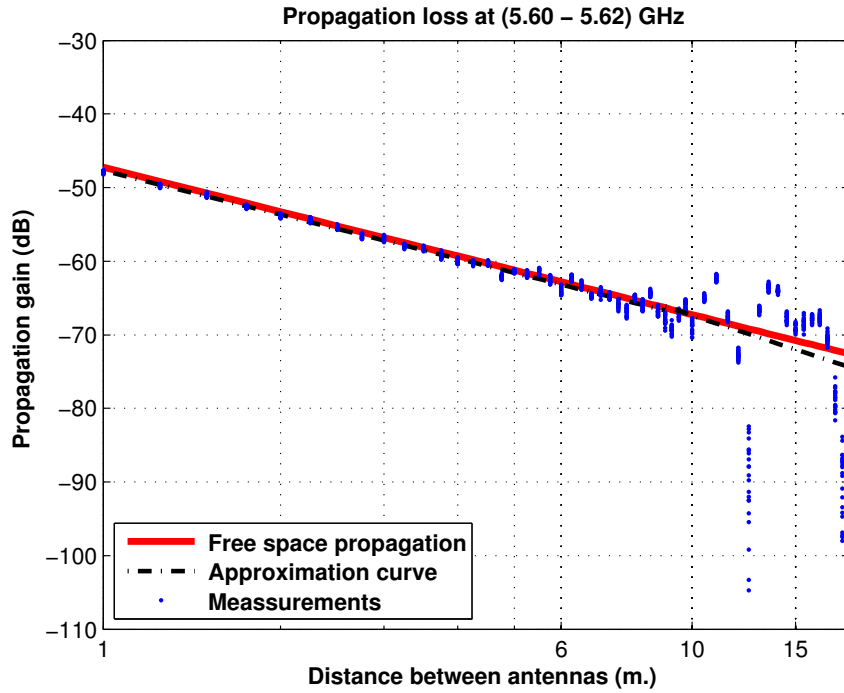


Figura 5.647: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,68 + 19,91 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 66,14 + 26,37 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.64$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.648 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.55$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.95$, $\sigma=0.80$). La Figura 5.649 representa su correspondiente CDF.

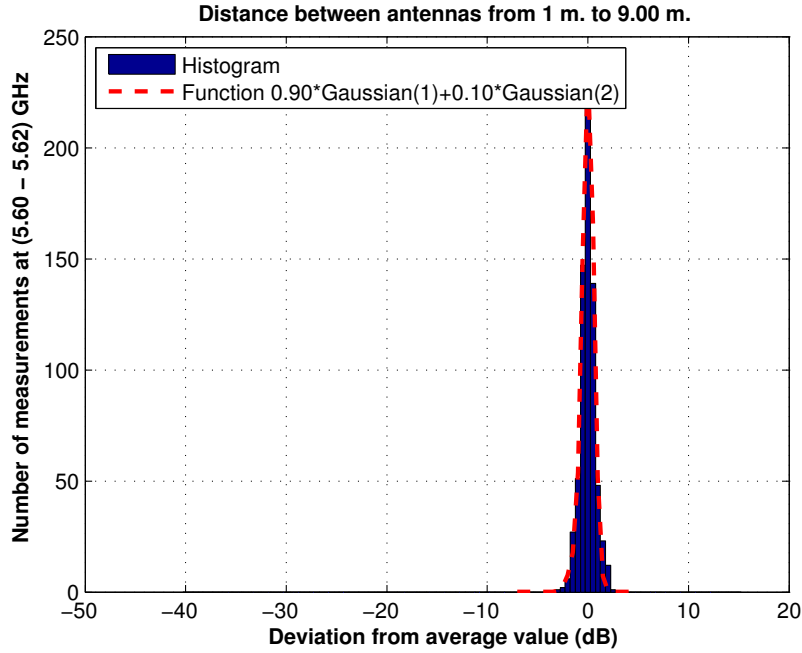


Figura 5.648: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

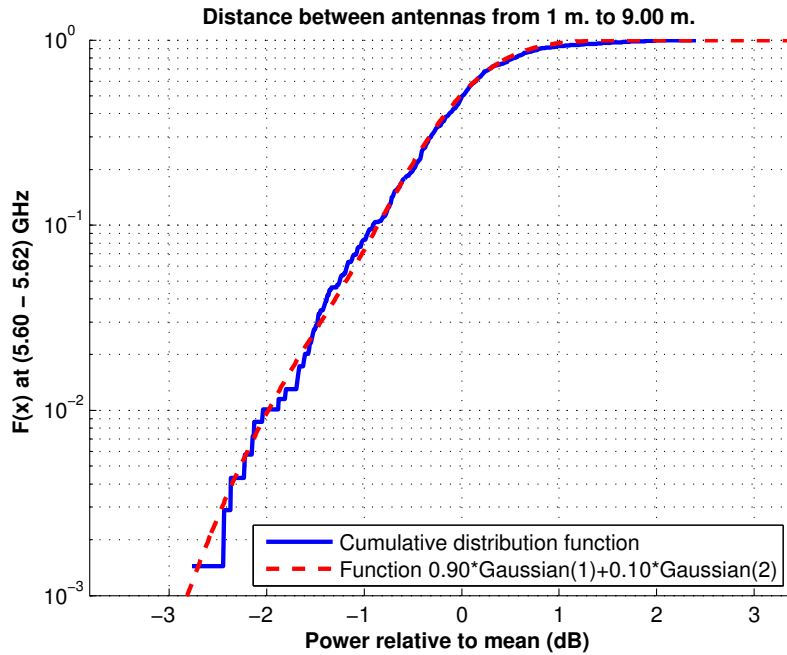


Figura 5.649: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.650 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (6 %, $\mu=-20.00$, $\sigma=6.00$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=4.50$, $\sigma=1.80$) y una Función Rayleigh (64 %, $\sigma=1.50$). La Figura 5.651 representa su correspondiente CDF.

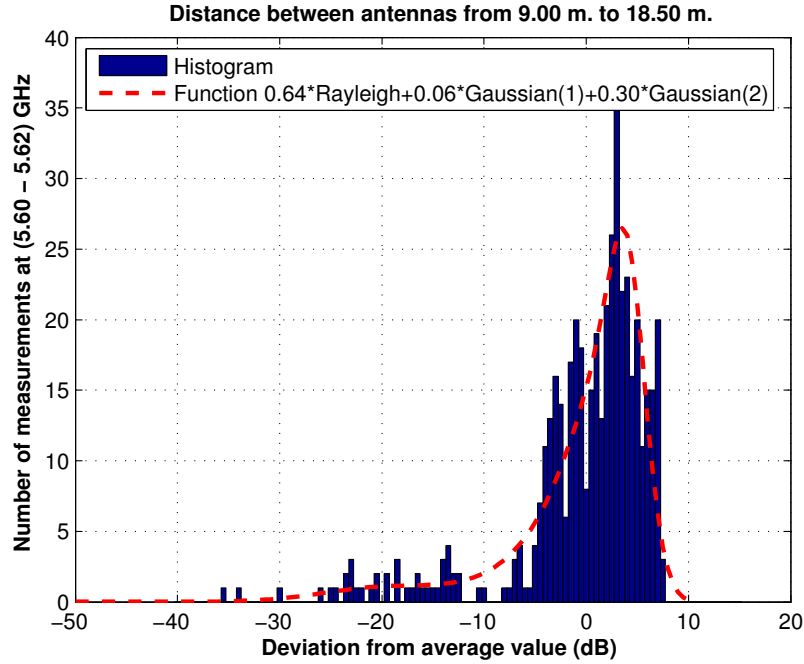


Figura 5.650: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

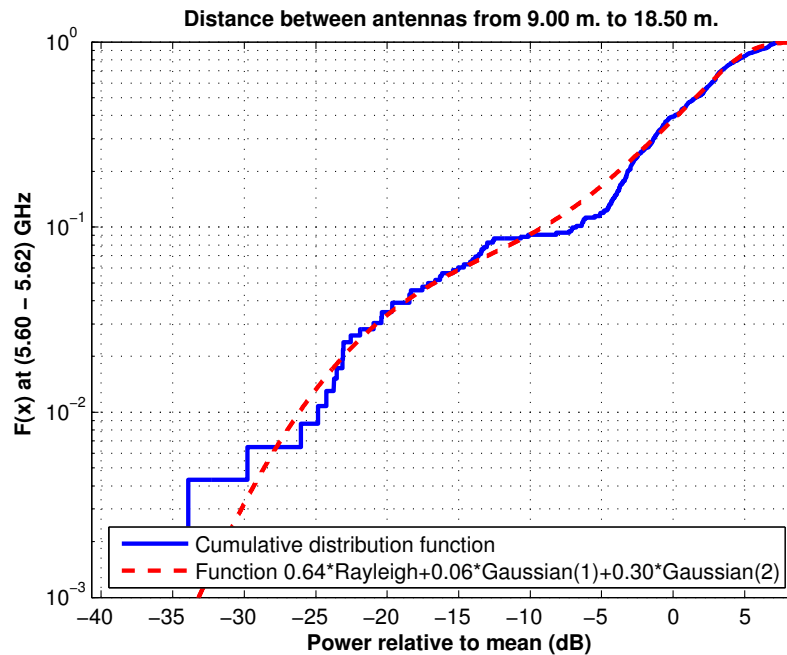


Figura 5.651: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.652 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

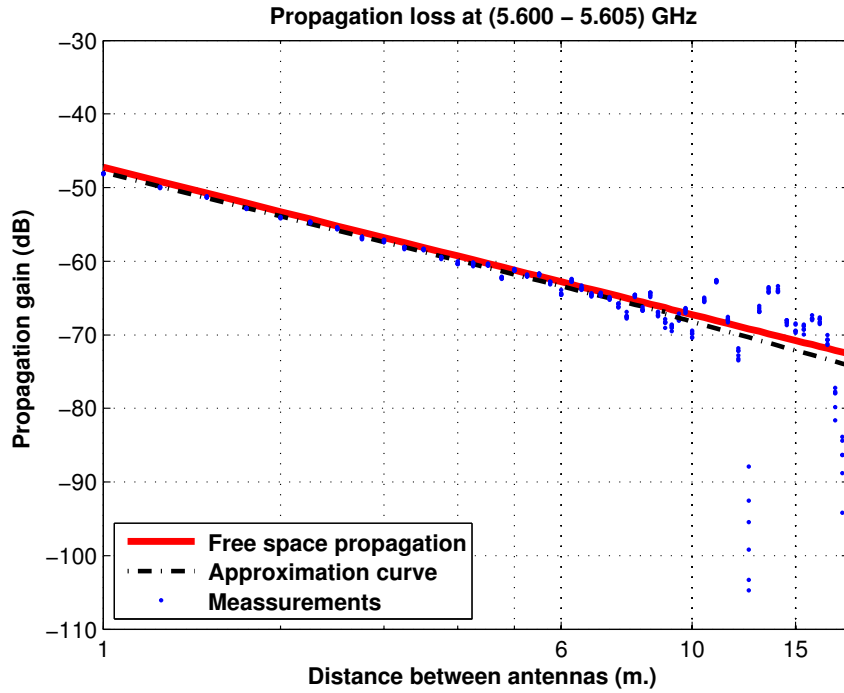


Figura 5.652: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,88 + 19,95 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9,00 \text{ m.} \\ 67,19 + 22,30 * \log_{10}(d/9,00); & \text{si } d > 9,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.23$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 9 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 9 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.653 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.50$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-1.20$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.654 representa su correspondiente CDF.

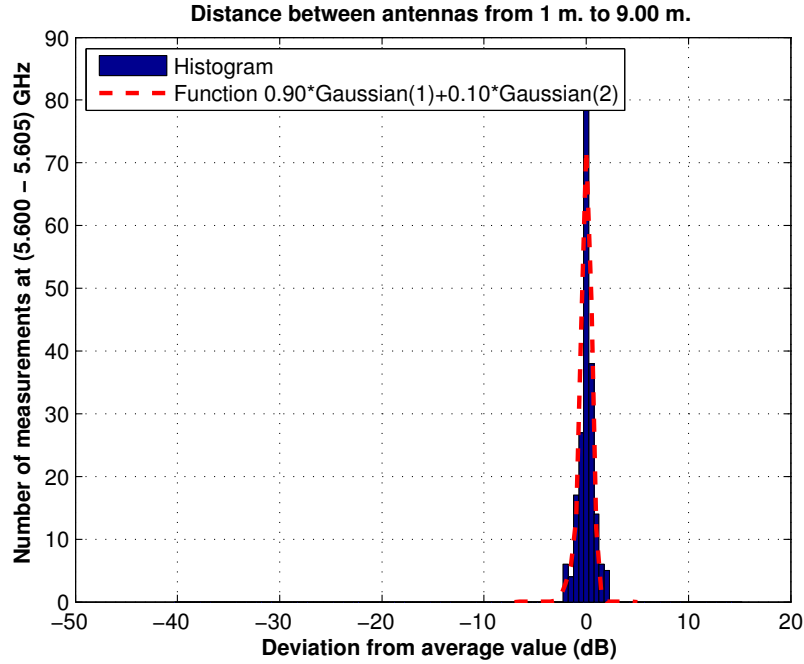


Figura 5.653: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

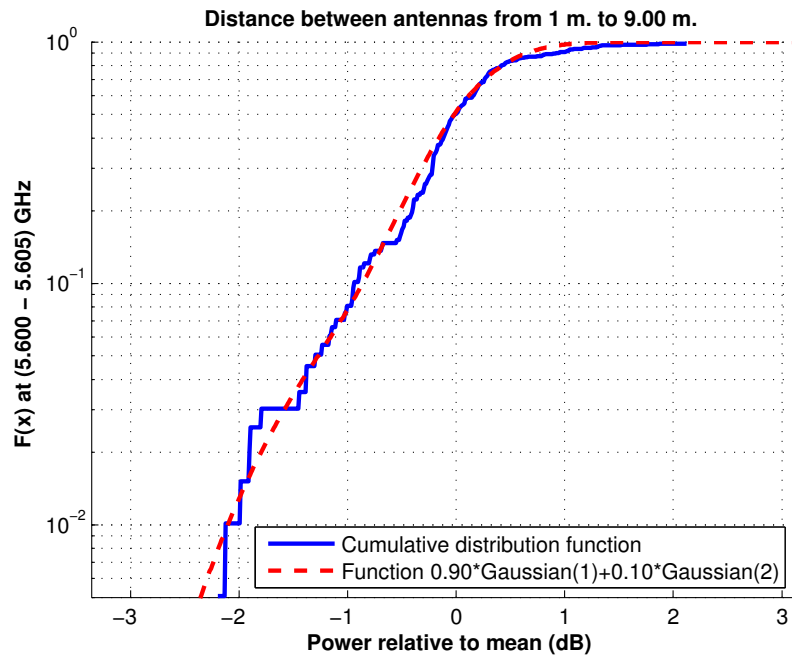


Figura 5.654: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.655 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (6 %, $\mu=-24.00$, $\sigma=8.00$), otra Función Gaussiana (31 %, $\mu=4.50$, $\sigma=1.80$) y una Función Rayleigh (63 %, $\sigma=1.50$). La Figura 5.656 representa su correspondiente CDF.

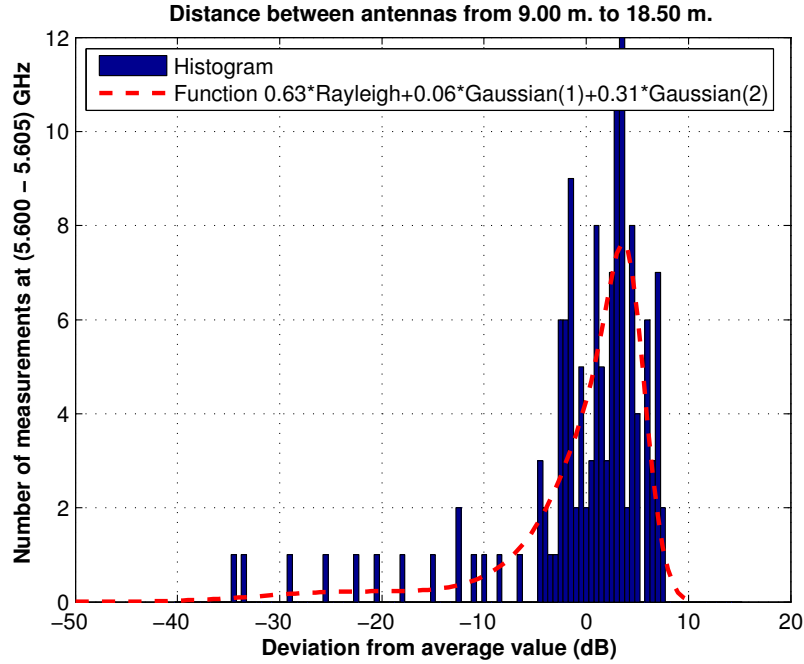


Figura 5.655: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

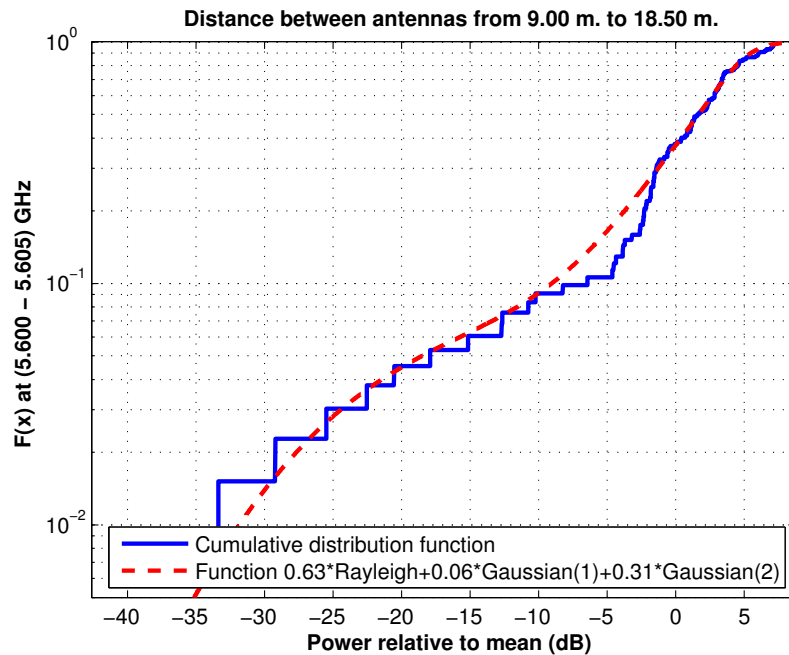


Figura 5.656: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.657 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

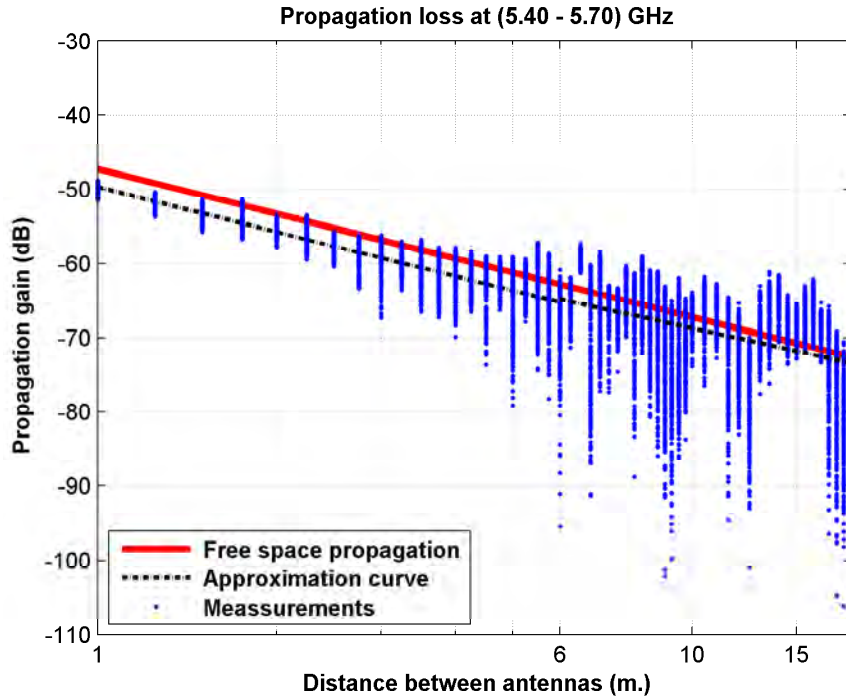


Figura 5.657: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,70 + 19,97 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,84 + 17,49 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.00$ es igual al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.75$, siendo este inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 6 m. se puede modelar como espacio libre, mientras que a partir de 6 m. se puede modelar como una combinación de espacio libre y guía de onda.

La Figura 5.658 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (88 %, $\mu=0.50$, $\sigma=1.80$), otra Función Gaussiana (7 %, $\mu=-4.50$, $\sigma=3.00$) y una Función Rayleigh (5 %, $\sigma=0.80$). La Figura 5.659 representa su correspondiente CDF.

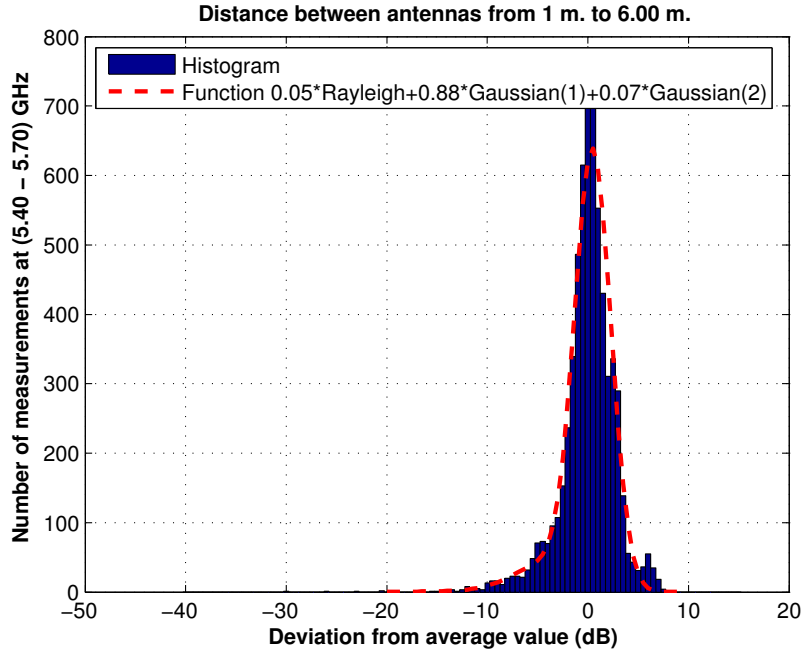


Figura 5.658: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

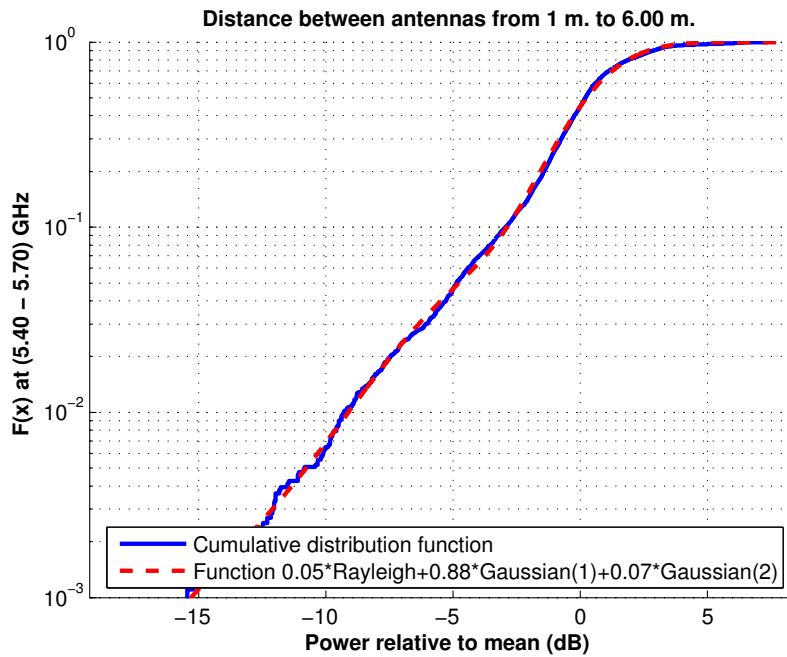


Figura 5.659: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.660 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-8.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=2.30$). La Figura 5.661 representa su correspondiente CDF.

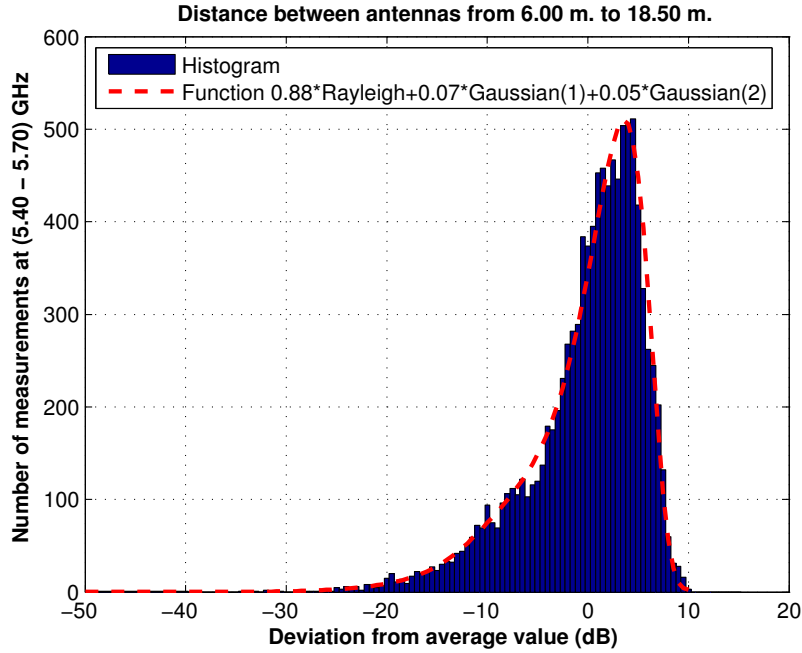


Figura 5.660: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

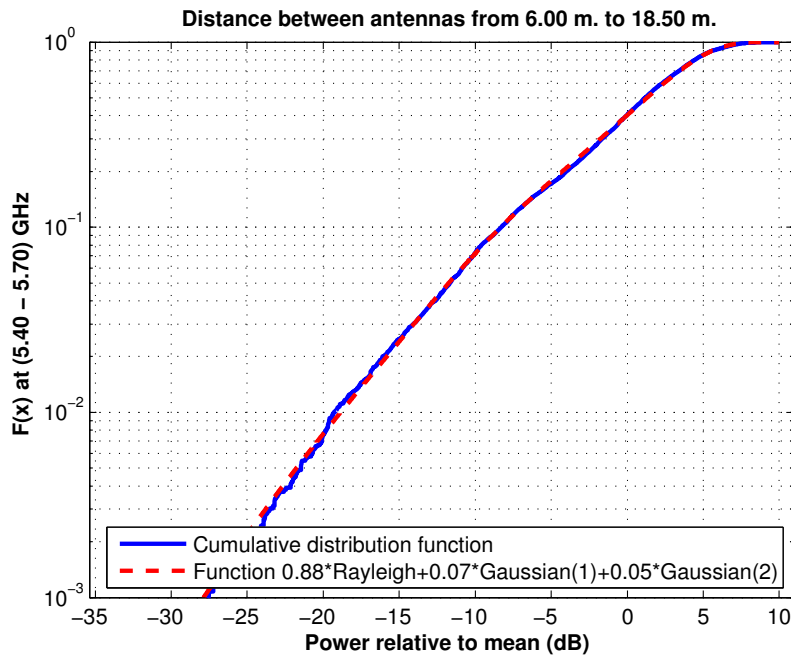


Figura 5.661: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.662 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

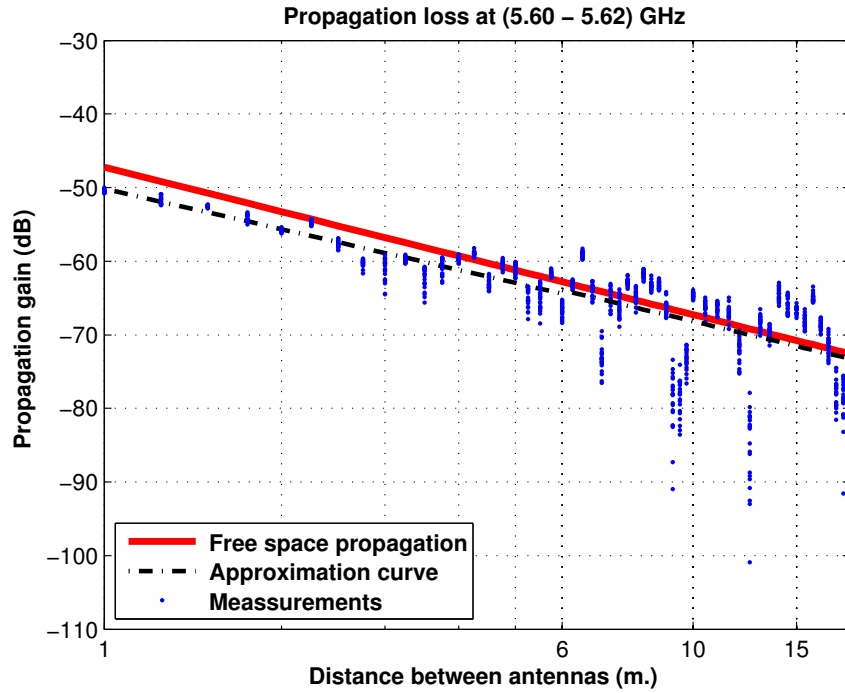


Figura 5.662: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,13 + 18,37 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,91 + 19,17 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.84$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.92$, siendo este ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.663 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (88 %, $\mu=0.30$, $\sigma=1.50$) y otra Función Gaussiana (12 %, $\mu=-2.30$, $\sigma=1.70$). La Figura 5.664 representa su correspondiente CDF.

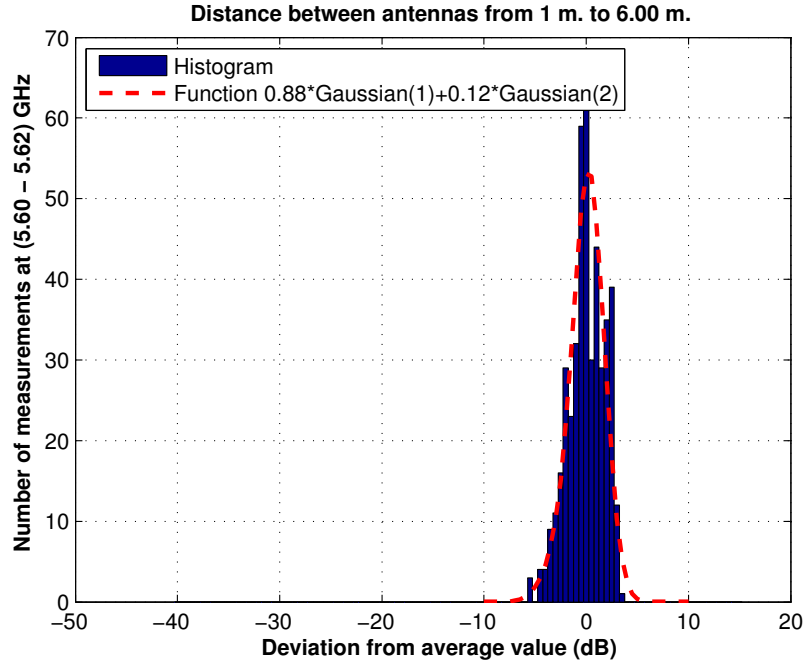


Figura 5.663: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

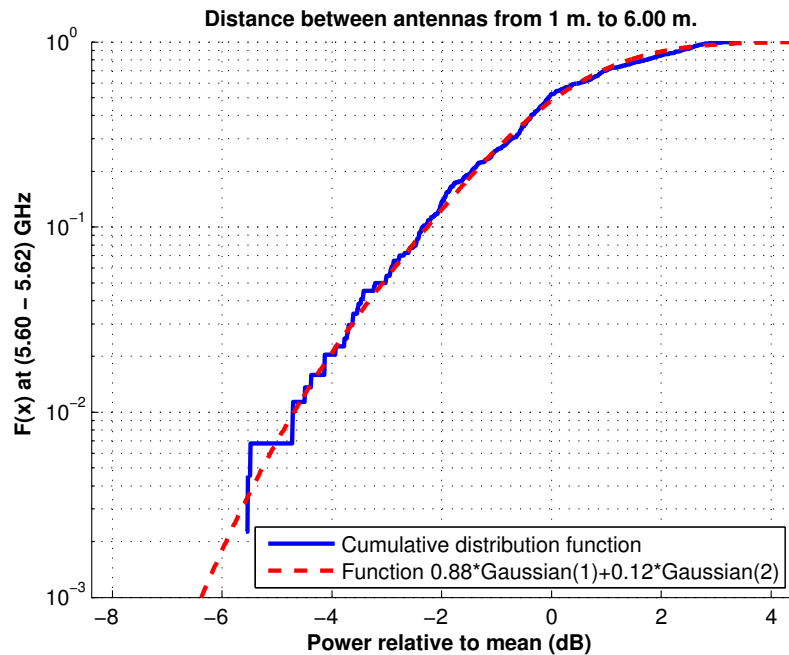


Figura 5.664: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.665 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=-8.00$, $\sigma=4.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=2.30$). La Figura 5.666 representa su correspondiente CDF.

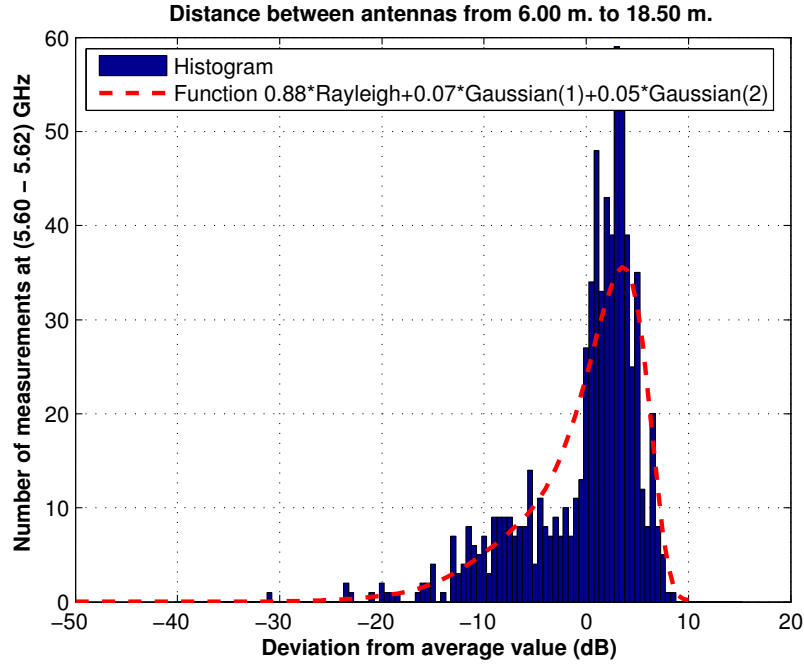


Figura 5.665: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

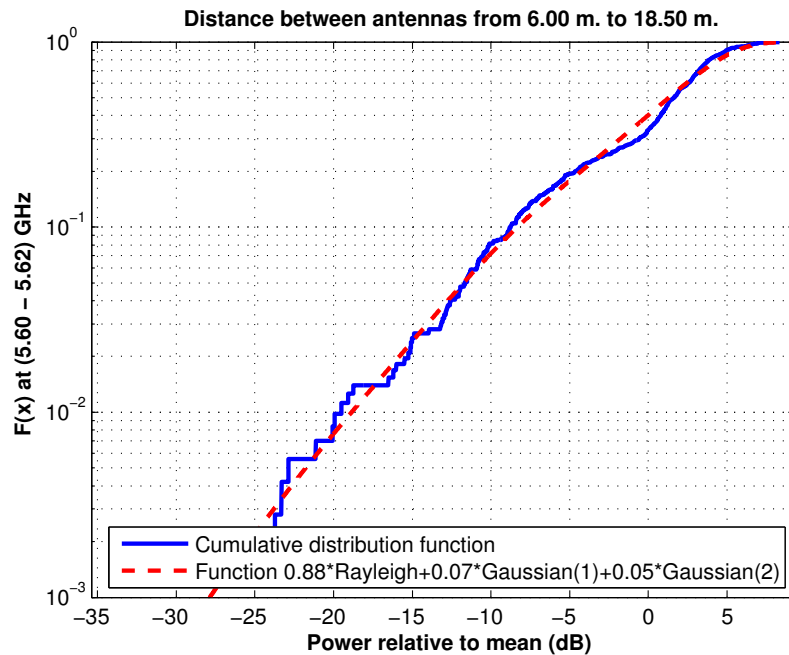


Figura 5.666: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 1.40 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.667 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

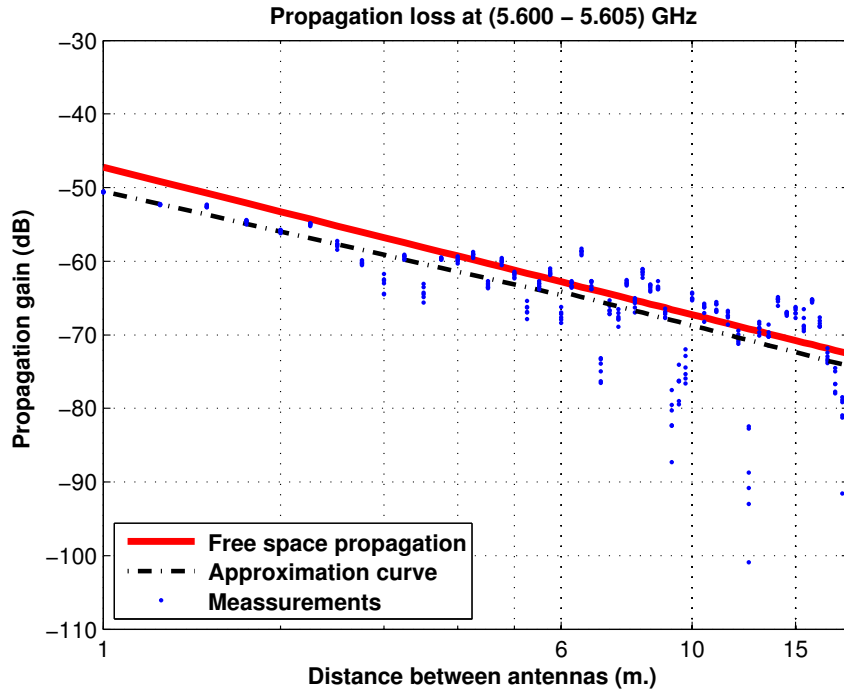


Figura 5.667: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 50,50 + 18,12 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 64,14 + 20,74 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.81$ es inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.07$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.668 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (80 %, $\mu=0.80$, $\sigma=1.30$) y otra Función Gaussiana (20 %, $\mu=-3.30$, $\sigma=1.30$). La Figura 5.669 representa su correspondiente CDF.

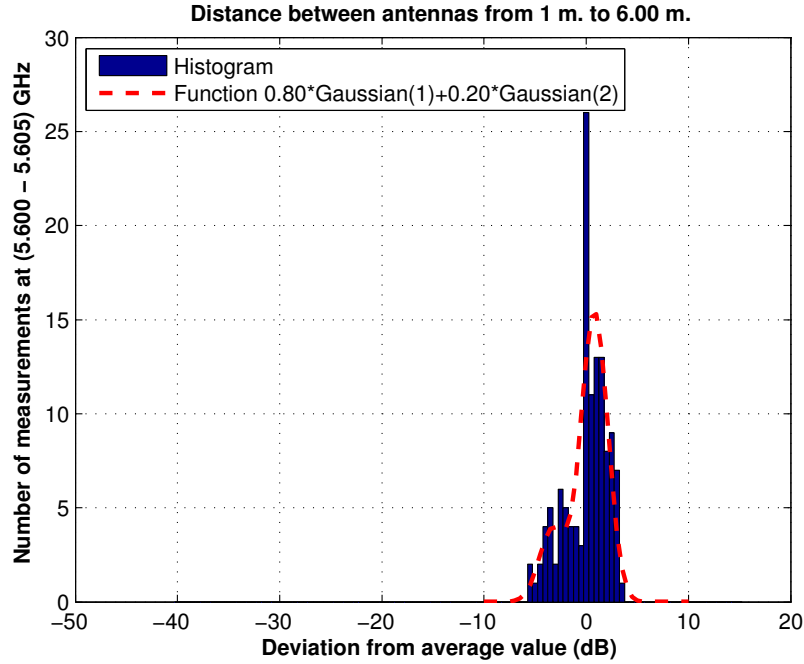


Figura 5.668: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

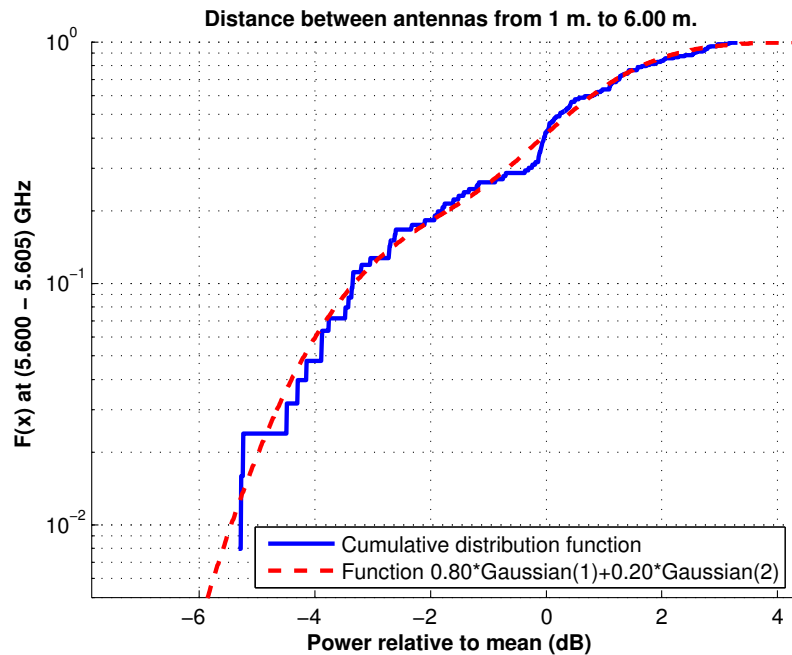


Figura 5.669: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.670 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (8 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=6.00$), otra Función Gaussiana (3 %, $\mu=-16.00$, $\sigma=7.00$) y una Función Rayleigh (89 %, $\sigma=2.30$). La Figura 5.671 representa su correspondiente CDF.

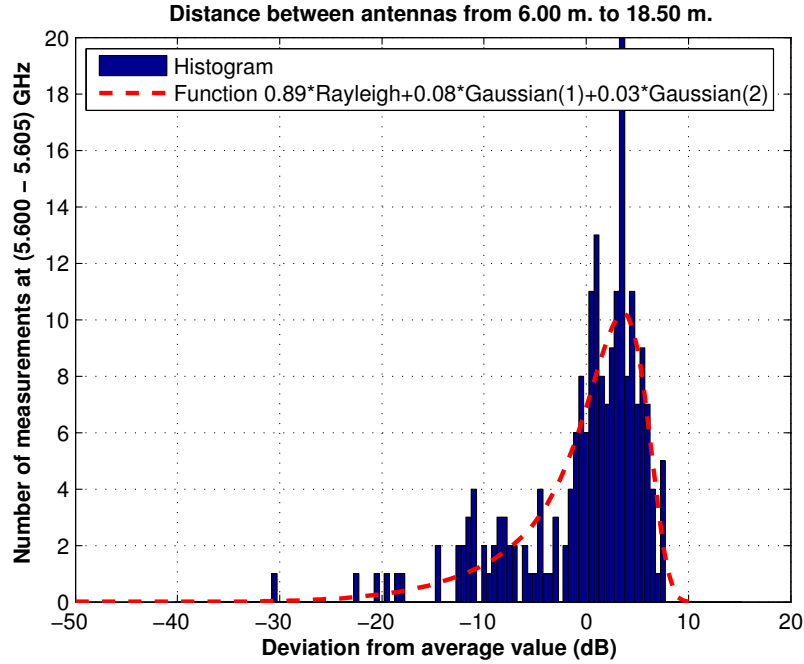


Figura 5.670: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

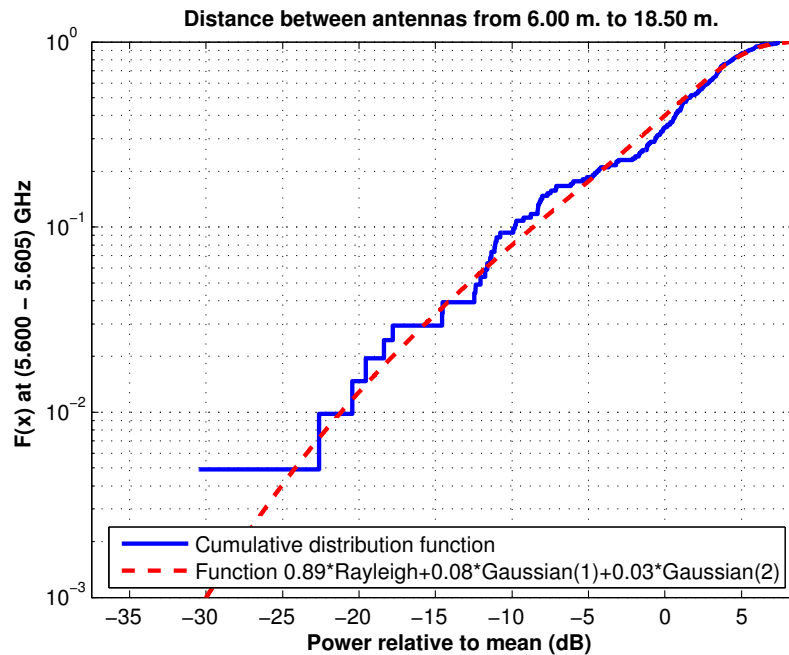


Figura 5.671: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 1.40 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.672 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

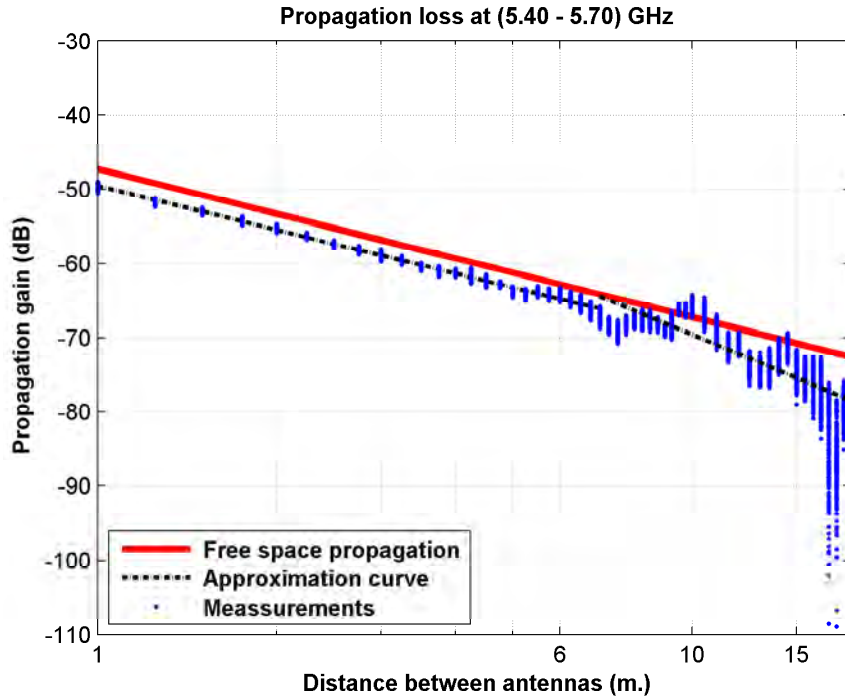


Figura 5.672: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,51 + 19,64 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 64,47 + 33,05 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.96$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=3.30$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.673 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.09$, $\sigma=0.40$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.70$, $\sigma=0.65$). La Figura 5.674 representa su correspondiente CDF.

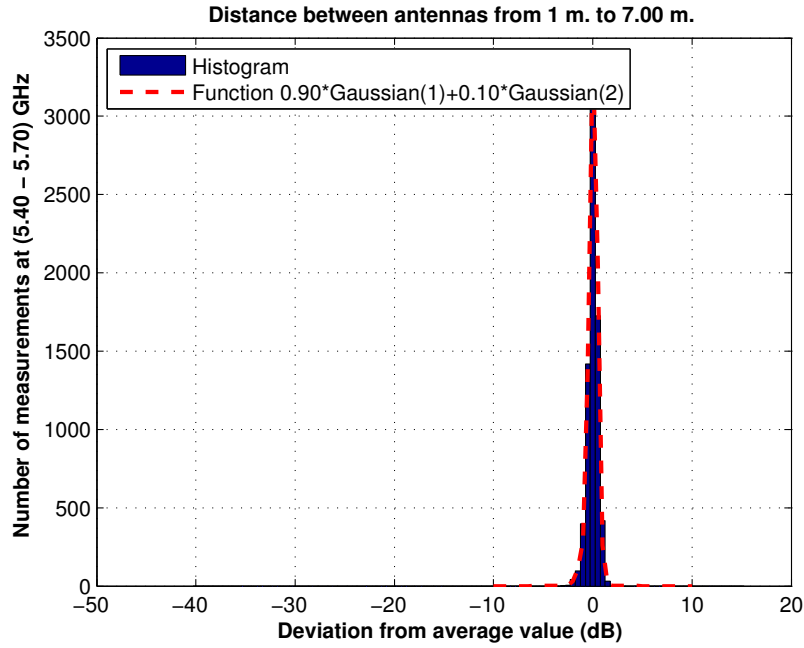


Figura 5.673: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

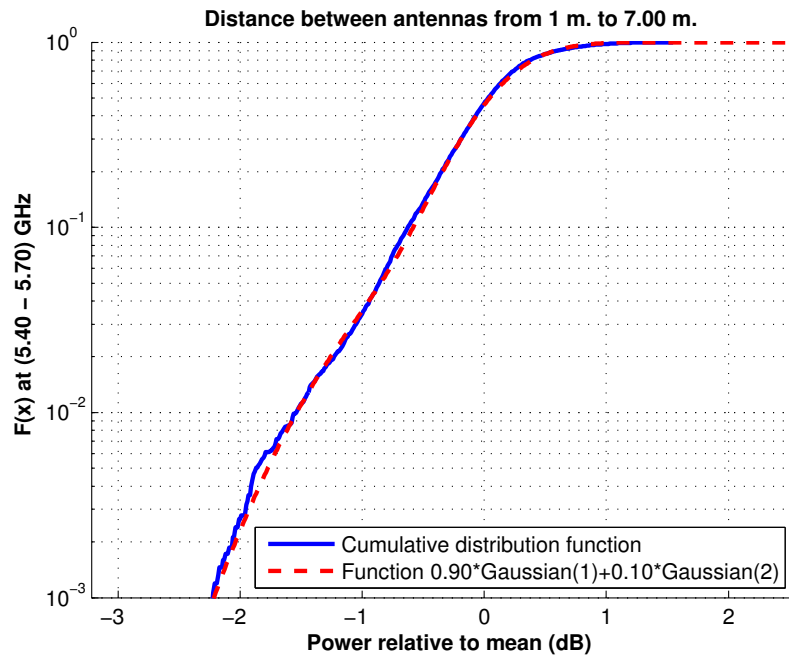


Figura 5.674: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.675 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (60 %, $\mu=-0.65$, $\sigma=1.90$), otra Función Gaussiana (30 %, $\mu=2.80$, $\sigma=1.50$) y una Función Rayleigh (10 %, $\sigma=0.45$). La Figura 5.676 representa su correspondiente CDF.

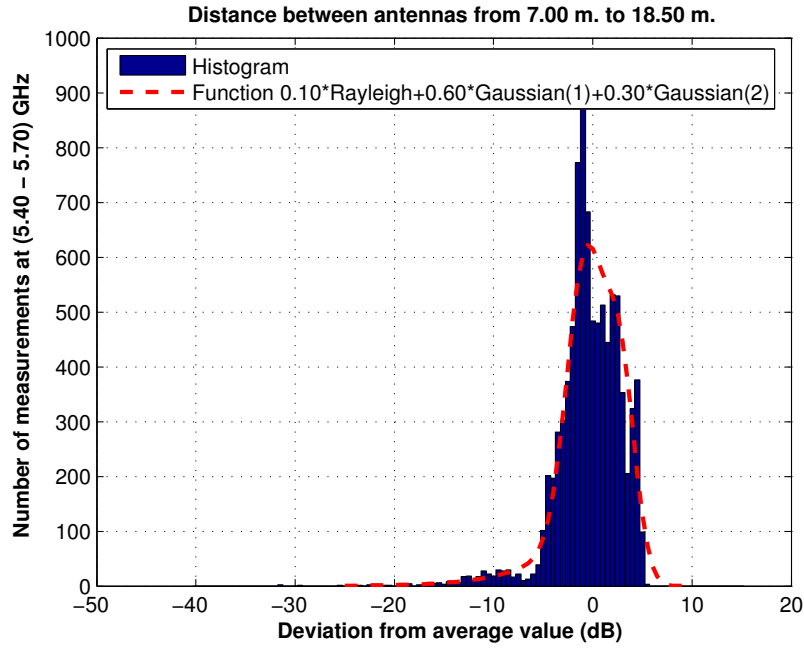


Figura 5.675: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

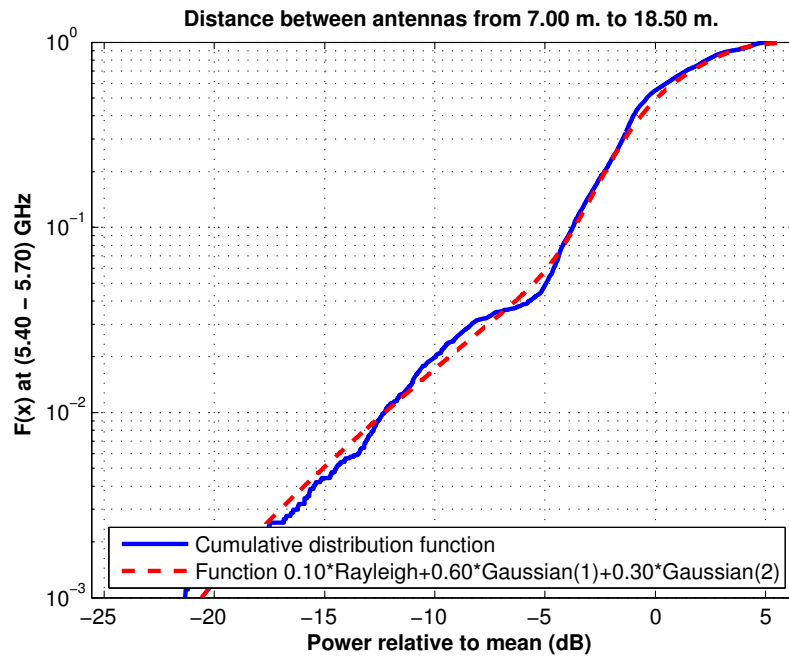


Figura 5.676: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.677 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

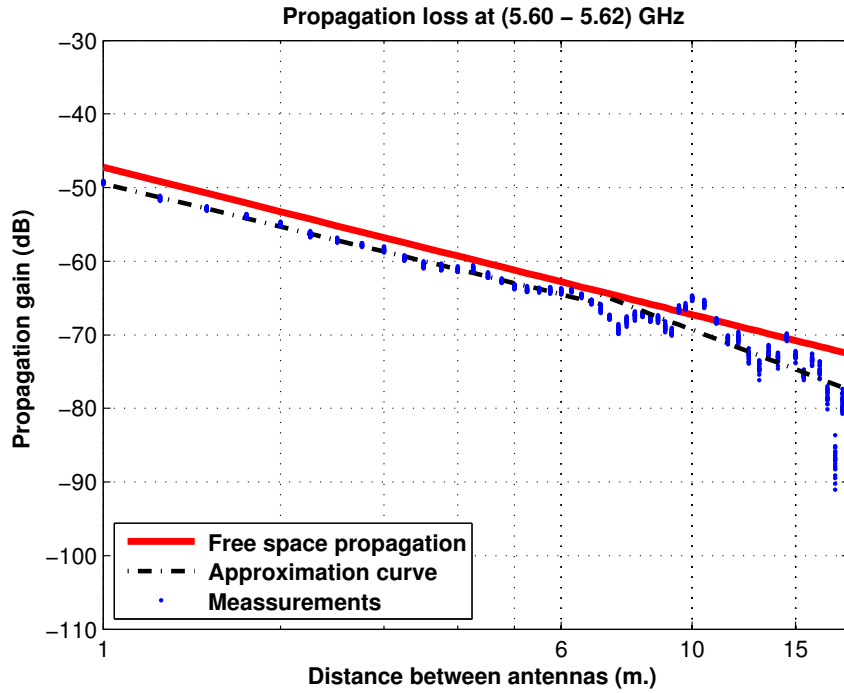


Figura 5.677: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,46 + 19,35 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 64,58 + 30,57 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.93$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=3.06$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.678 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.35$) y otra Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.35$). La Figura 5.679 representa su correspondiente CDF.

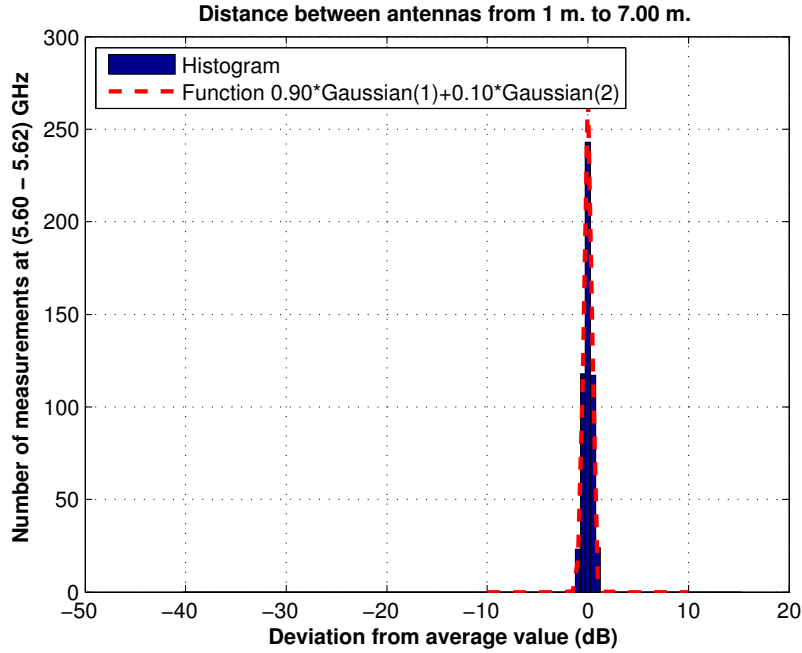


Figura 5.678: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

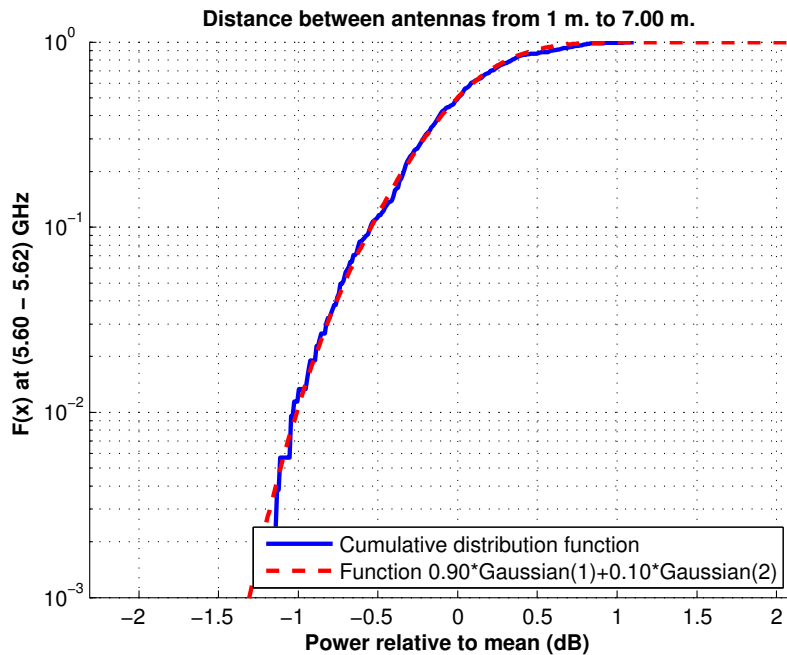


Figura 5.679: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.680 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.00$, $\sigma=2.10$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-9.80$, $\sigma=2.60$). La Figura 5.681 representa su correspondiente CDF.

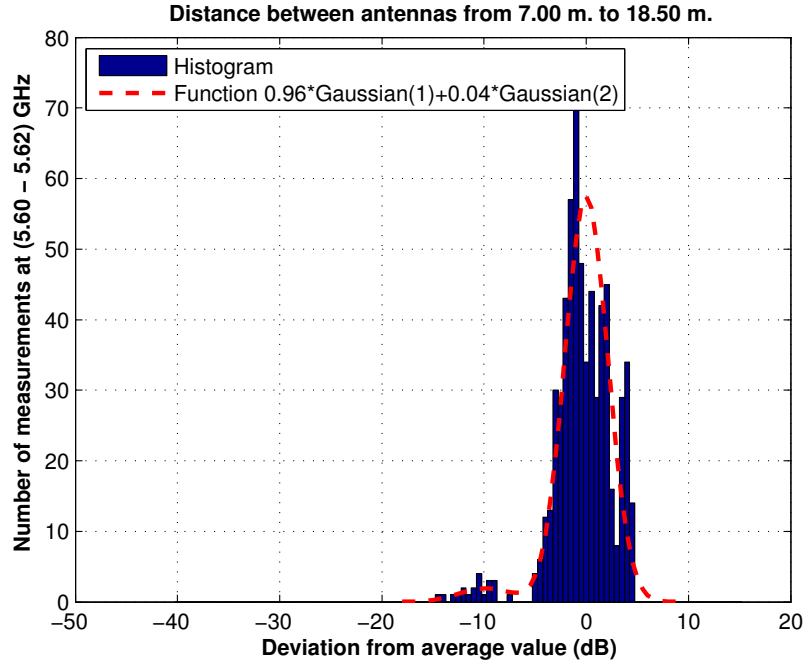


Figura 5.680: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

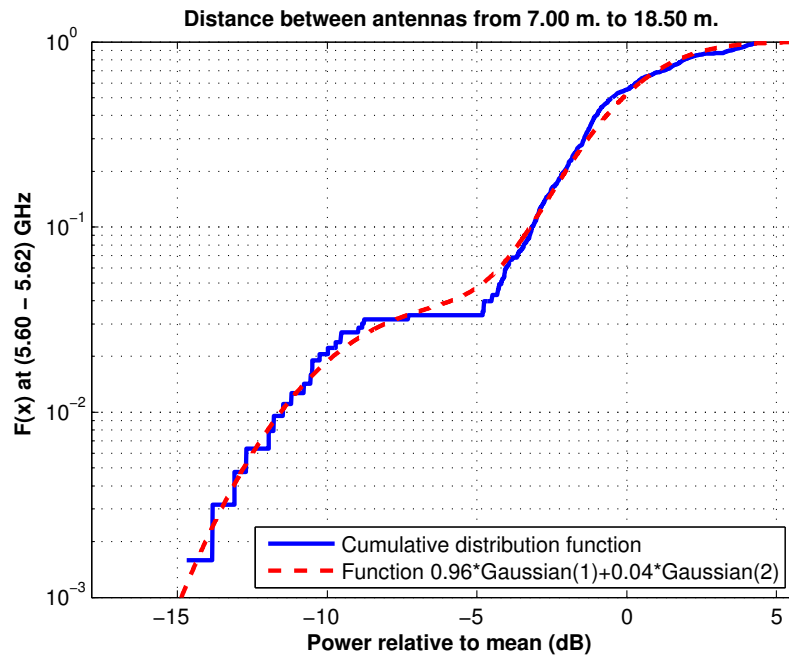


Figura 5.681: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.682 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

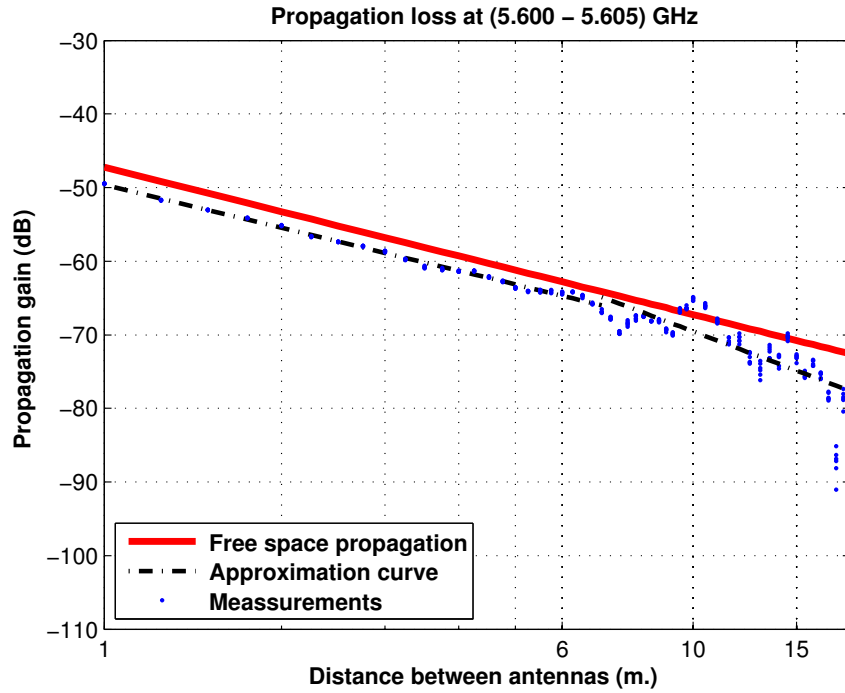


Figura 5.682: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,64 + 19,35 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,00 \text{ m.} \\ 64,85 + 30,27 * \log_{10}(d/7,00); & \text{si } d > 7,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.94$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=3.03$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, hasta 7 m. se puede modelar prácticamente como espacio libre, mientras que a partir de 7 m. se puede ver que hay mas pérdidas que en el espacio libre.

La Figura 5.683 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.05$, $\sigma=0.35$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-0.60$, $\sigma=0.30$). La Figura 5.684 representa su correspondiente CDF.

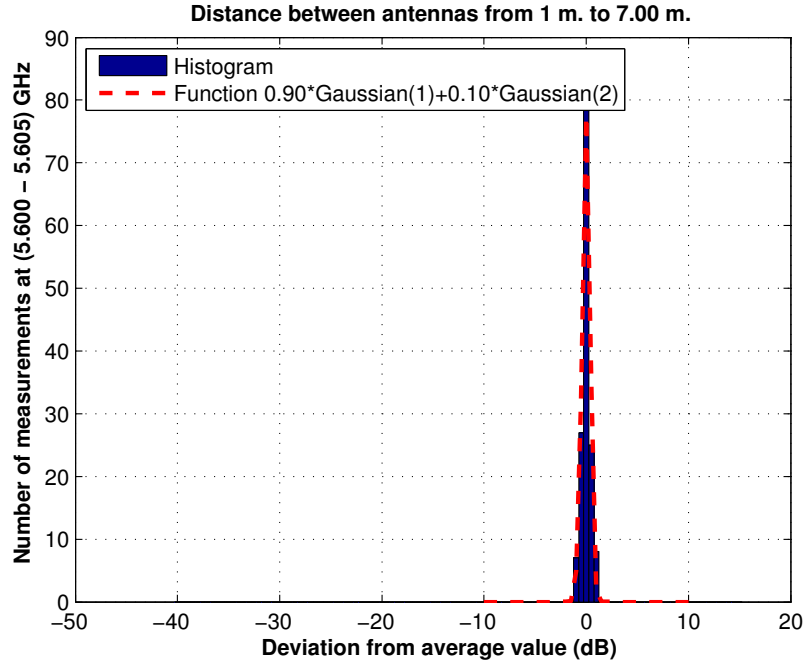


Figura 5.683: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

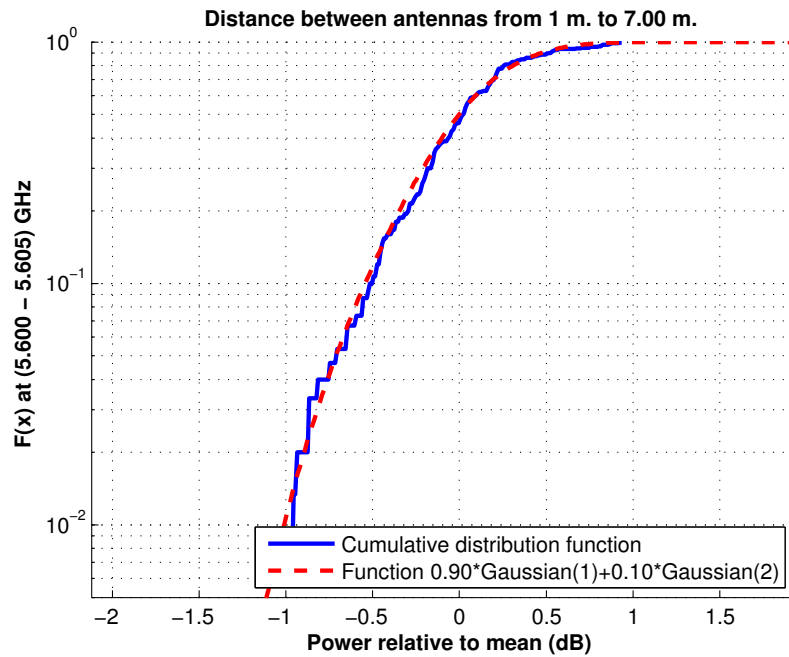


Figura 5.684: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.685 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.00$, $\sigma=2.10$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-9.80$, $\sigma=2.60$). La Figura 5.686 representa su correspondiente CDF.

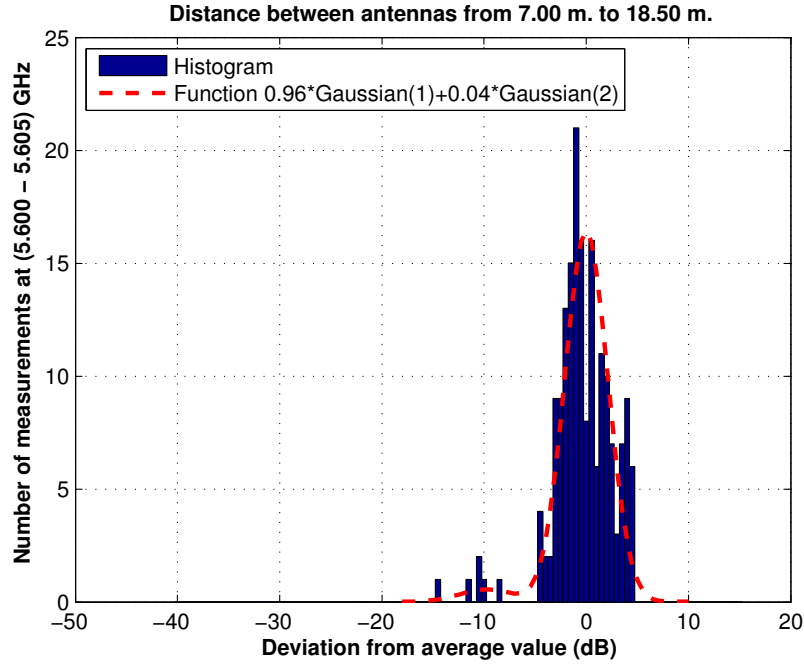


Figura 5.685: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

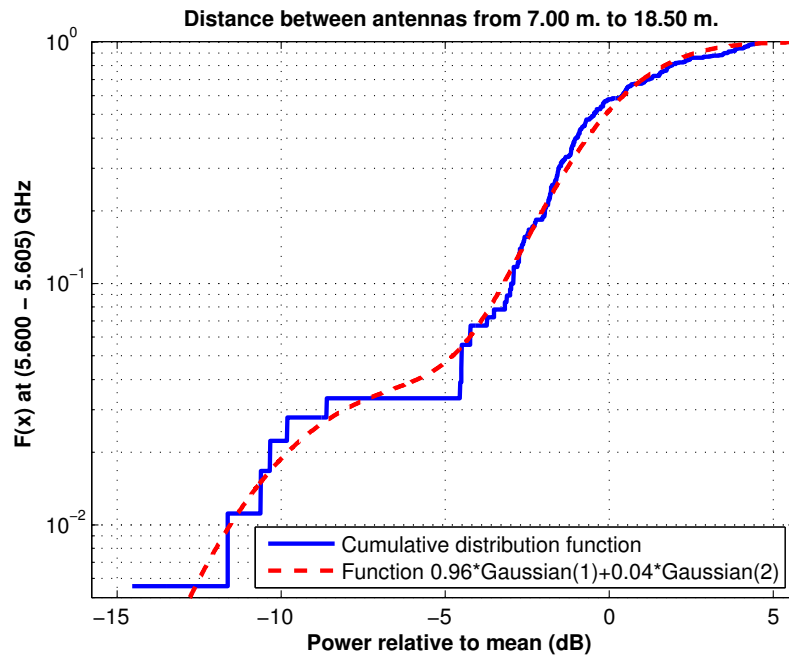


Figura 5.686: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 1 y 2, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.687 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

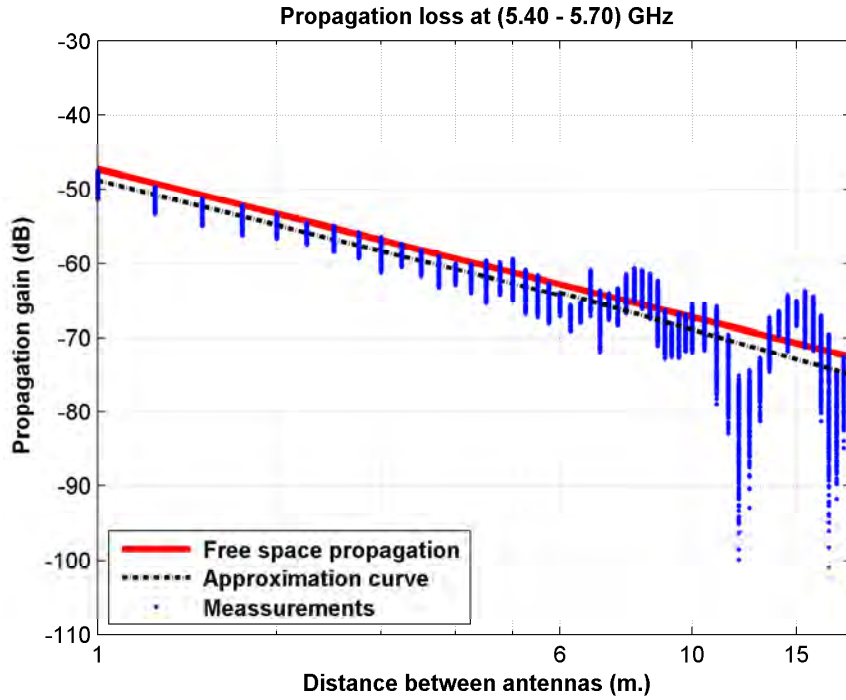


Figura 5.687: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,78 + 19,93 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,94 + 22,60 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.26$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.688 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (46 %, $\mu=1.10$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (54 %, $\mu=-0.85$, $\sigma=1.10$). La Figura 5.689 representa su correspondiente CDF.

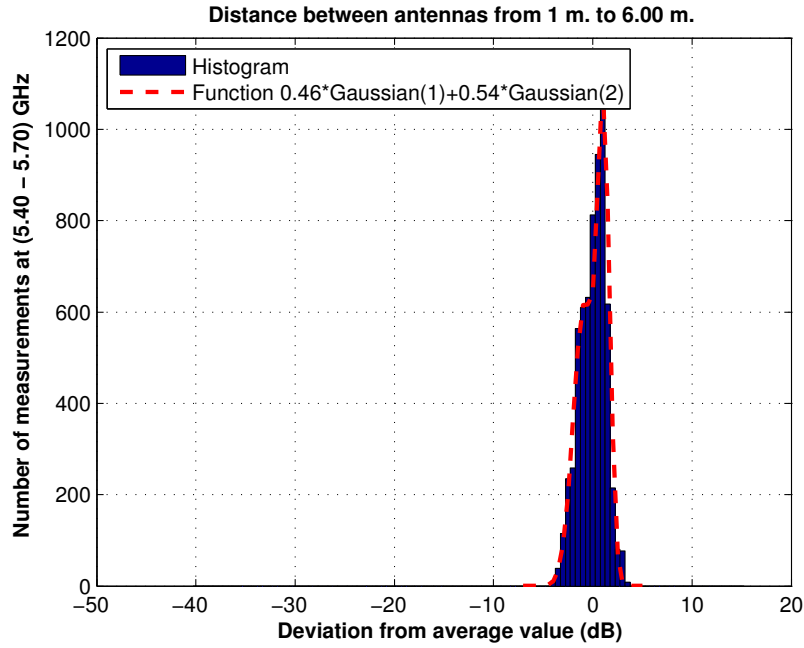


Figura 5.688: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

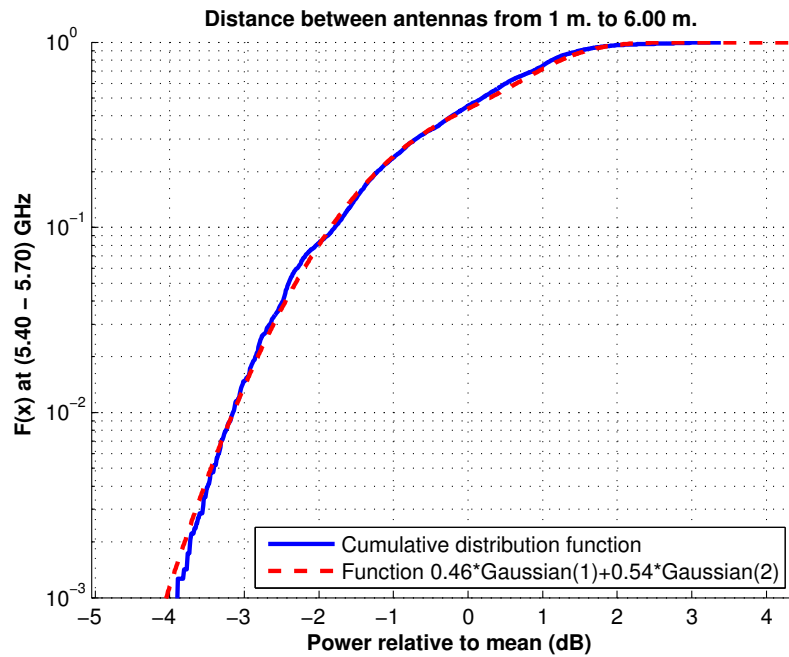


Figura 5.689: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.690 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (8 %, $\mu=6.00$, $\sigma=1.50$), otra Función Gaussiana (27 %, $\mu=1.00$, $\sigma=3.50$) y una Función Rayleigh (65 %, $\sigma=1.30$). La Figura 5.691 representa su correspondiente CDF.

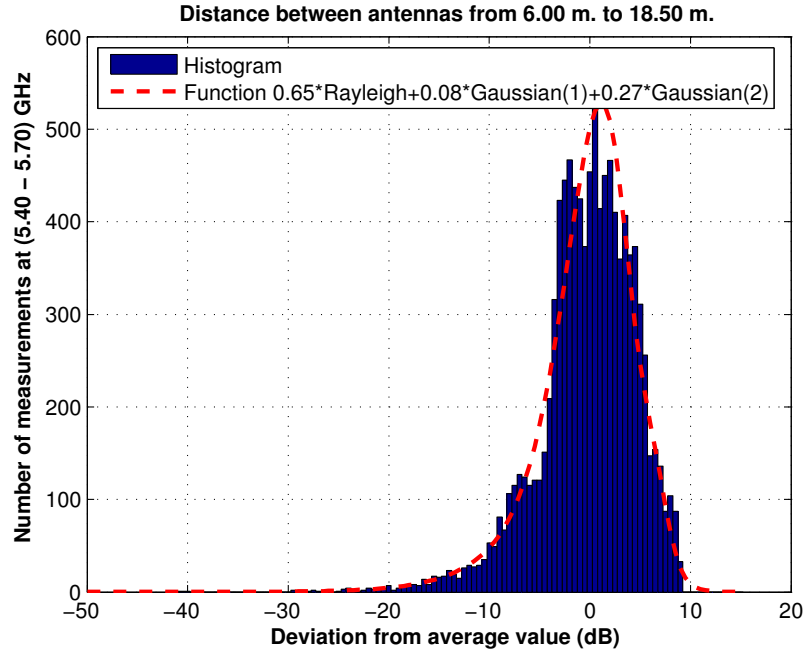


Figura 5.690: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

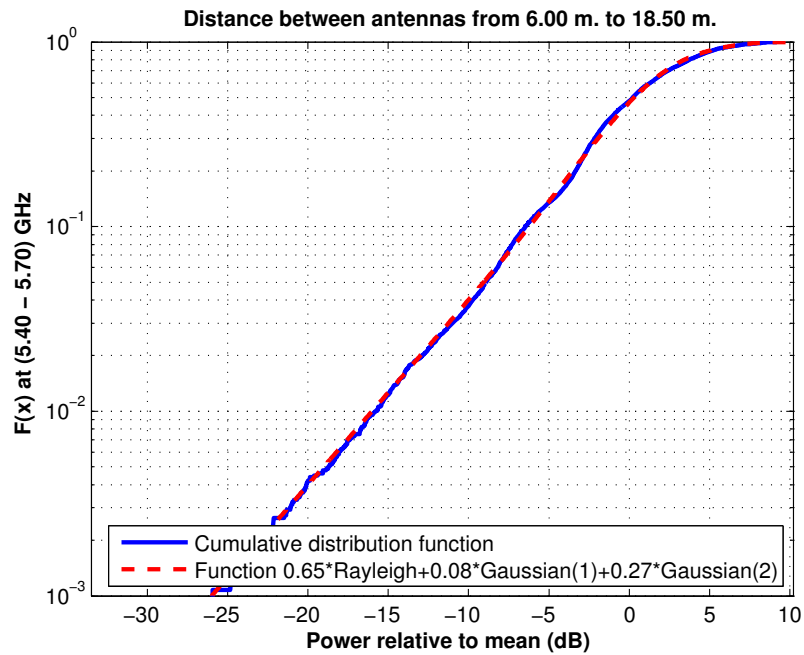


Figura 5.691: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.692 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

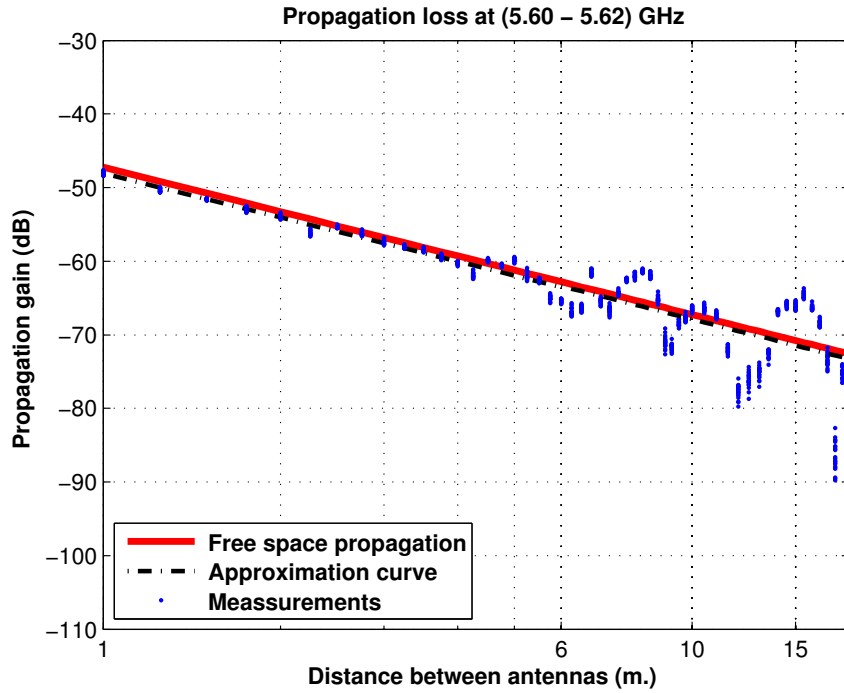


Figura 5.692: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,05 + 19,90 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,37 + 20,28 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.99$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.03$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.693 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (86 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (14 %, $\mu=-1.70$, $\sigma=0.38$). La Figura 5.694 representa su correspondiente CDF.

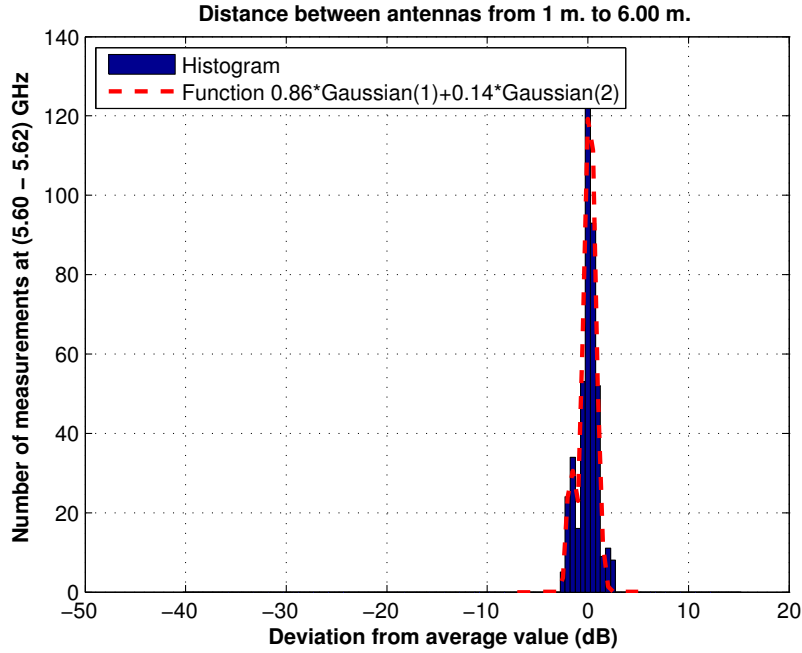


Figura 5.693: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

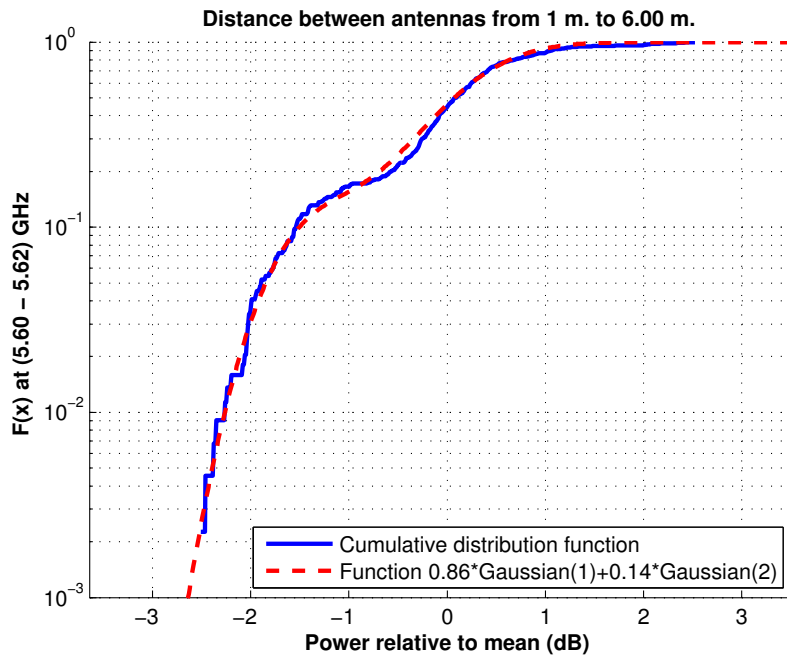


Figura 5.694: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.695 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=-3.00$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=2.50$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (40 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.696 representa su correspondiente CDF.

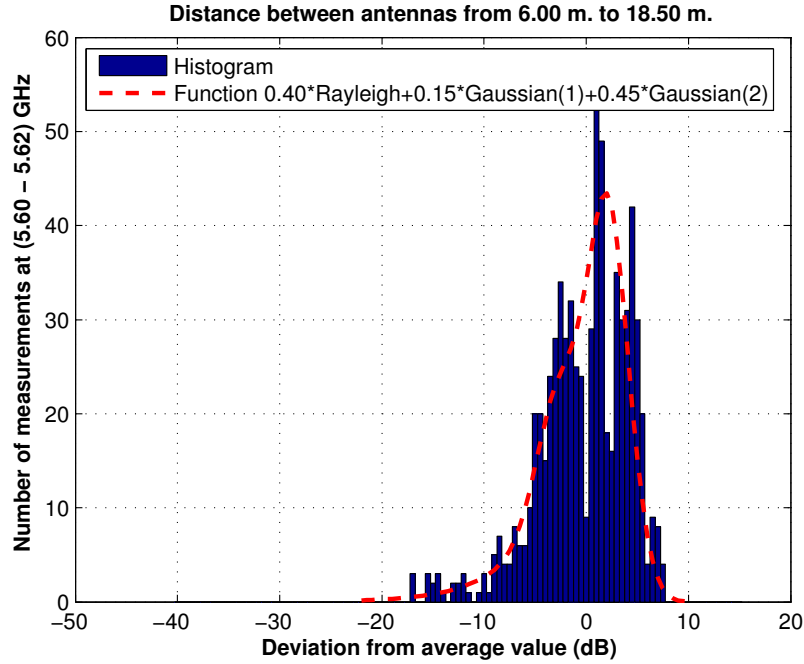


Figura 5.695: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

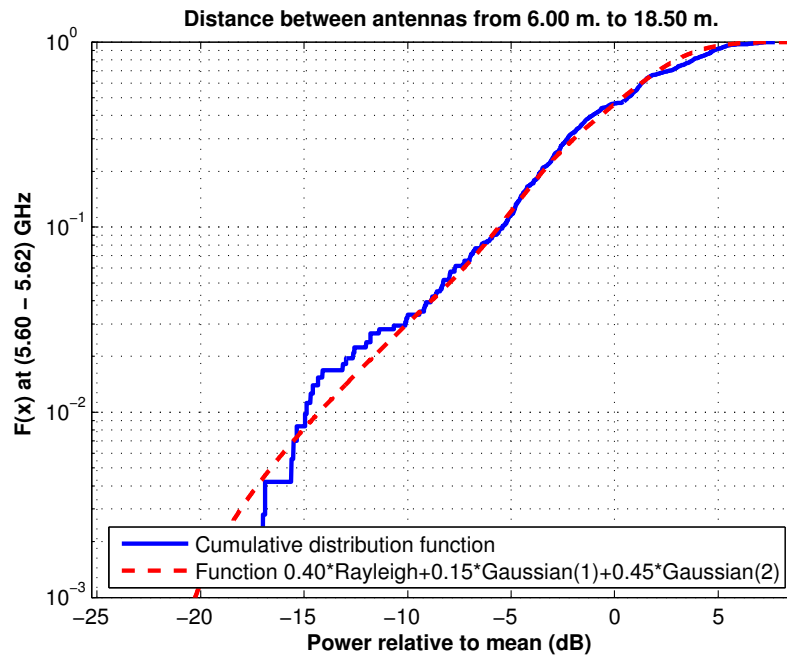


Figura 5.696: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.697 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

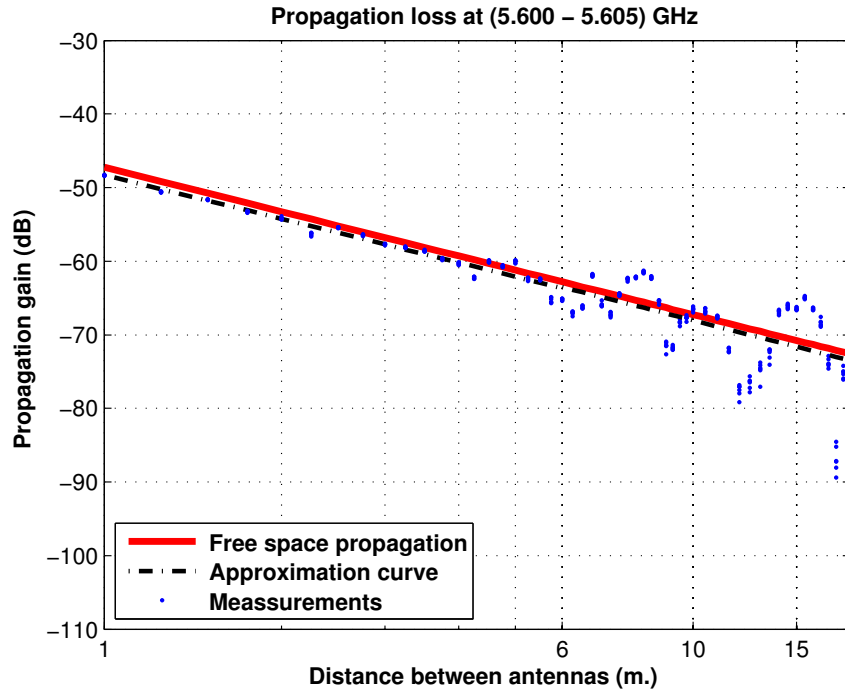


Figura 5.697: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,29 + 19,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 63,51 + 20,40 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.98$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.04$, siendo este superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.698 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (86 %, $\mu=0.20$, $\sigma=0.60$) y otra Función Gaussiana (14 %, $\mu=-1.70$, $\sigma=0.38$). La Figura 5.699 representa su correspondiente CDF.

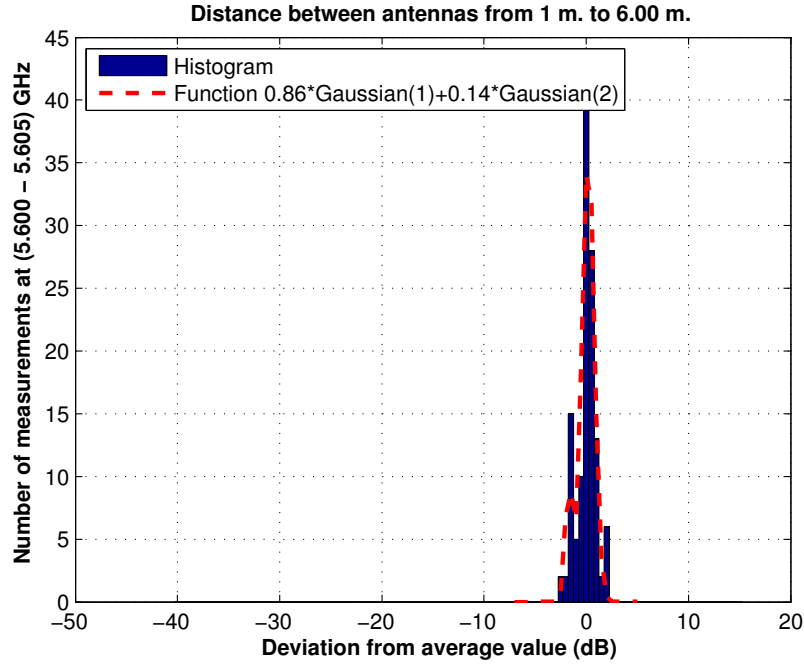


Figura 5.698: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

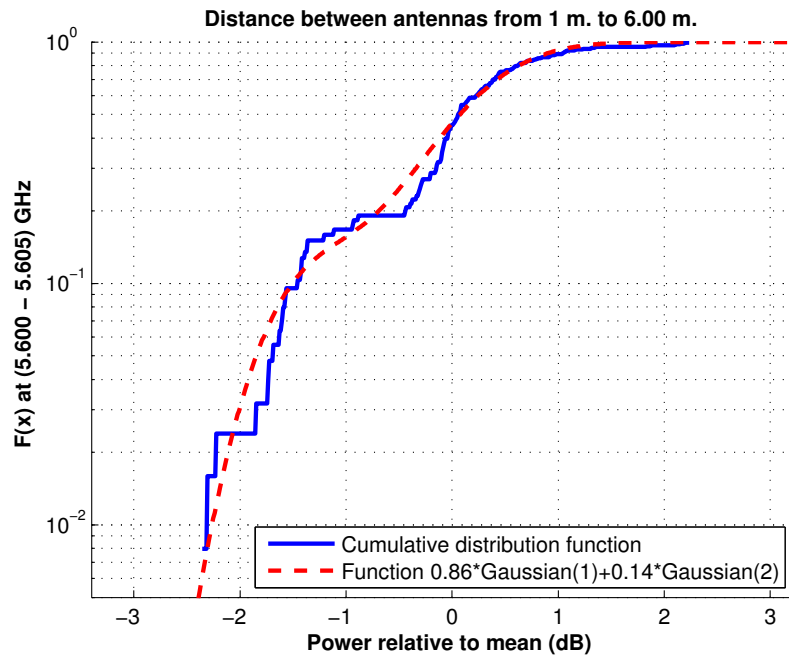


Figura 5.699: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.700 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (15 %, $\mu=-3.00$, $\sigma=2.00$), otra Función Gaussiana (45 %, $\mu=2.50$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (40 %, $\sigma=1.00$). La Figura 5.701 representa su correspondiente CDF.

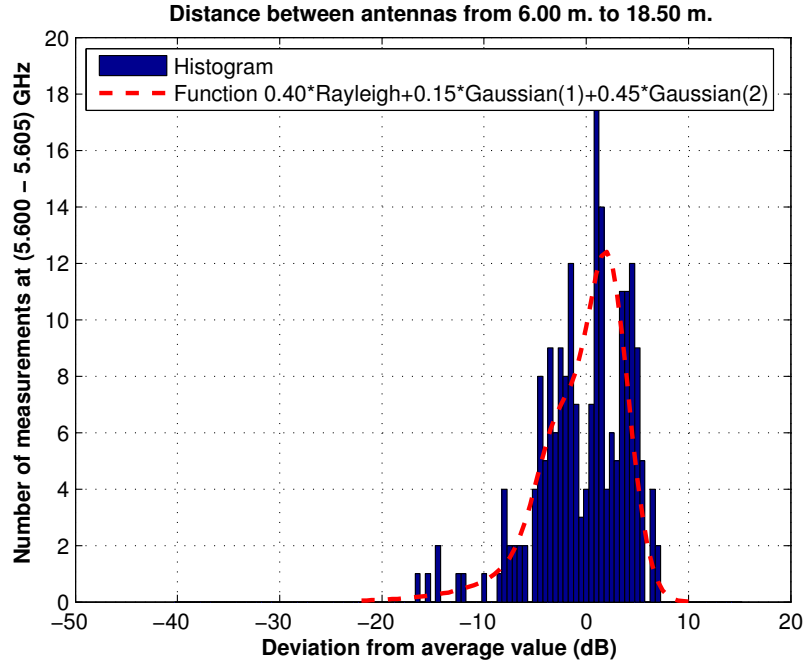


Figura 5.700: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

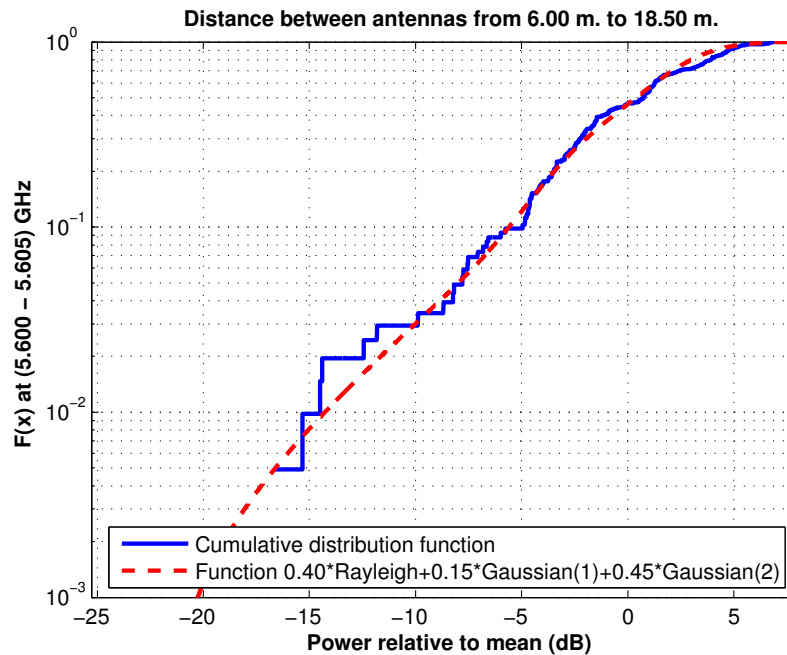


Figura 5.701: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 2 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., toda la banda, polarización vertical

La Figura 5.702 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (5.40 - 5.70) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

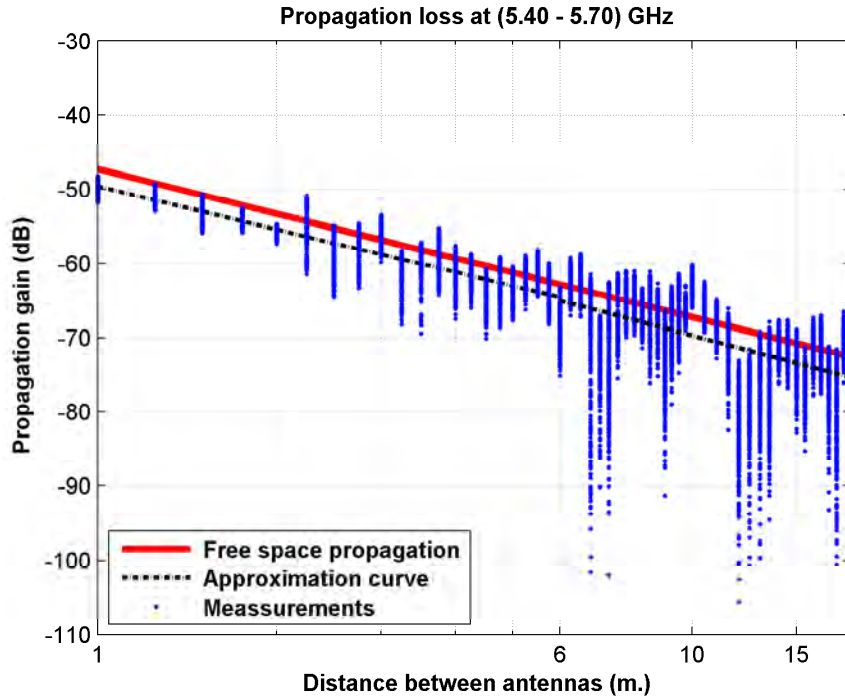


Figura 5.702: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 49,59 + 19,21 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,02 + 21,19 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=1.92$ es ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.12$, siendo este ligeramente superior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.703 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (88 %, $\mu=0.50$, $\sigma=2.10$) y otra Función Gaussiana (12 %, $\mu=-3.75$, $\sigma=2.30$). La Figura 5.704 representa su correspondiente CDF.

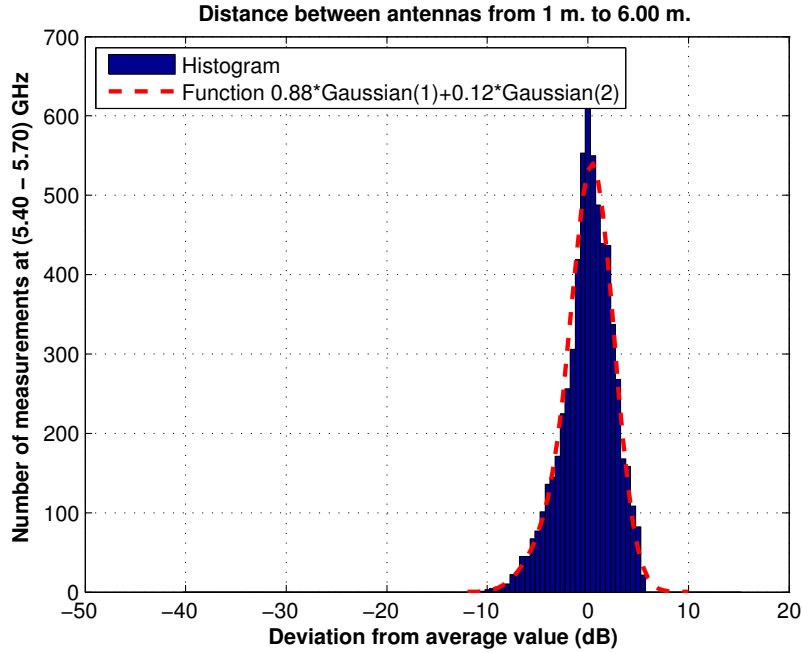


Figura 5.703: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

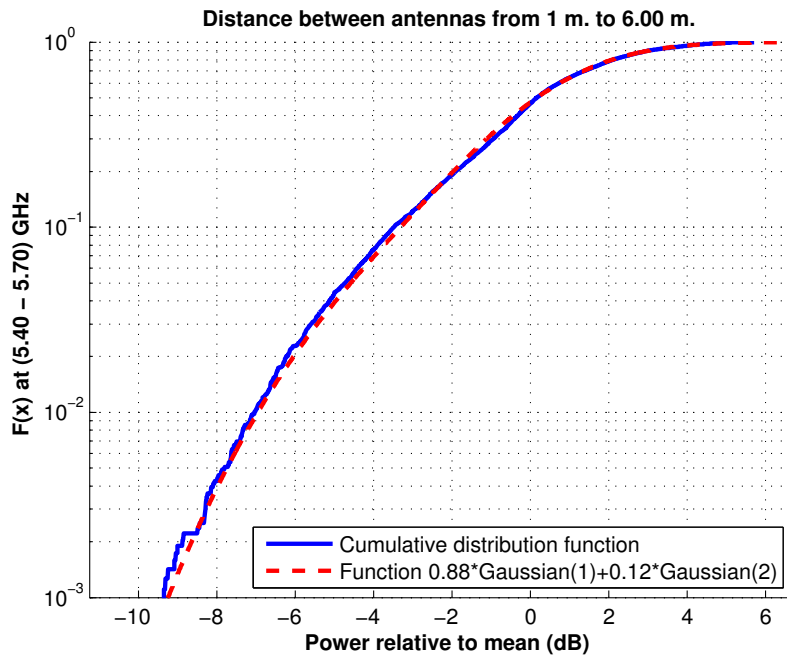


Figura 5.704: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

La Figura 5.705 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=8.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=4.00$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=1.90$). La Figura 5.706 representa su correspondiente CDF.

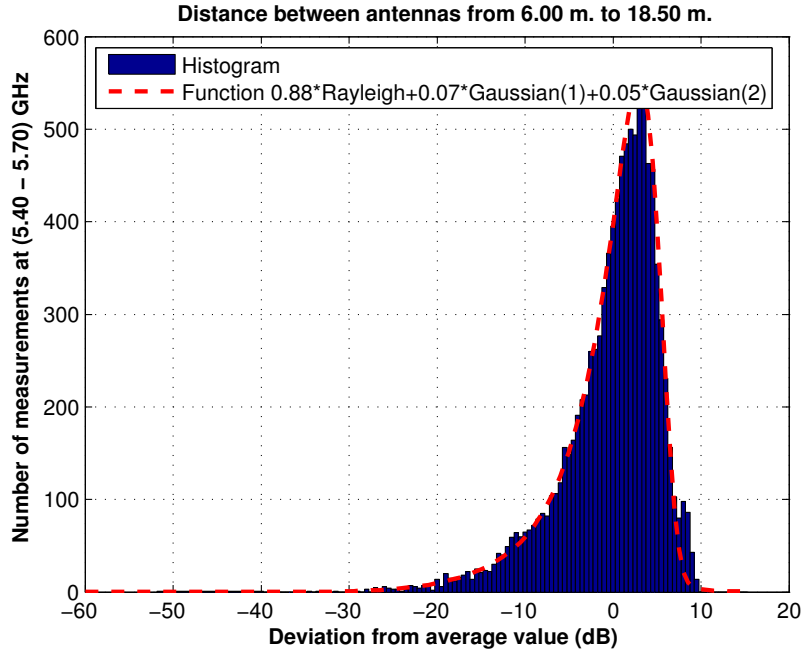


Figura 5.705: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

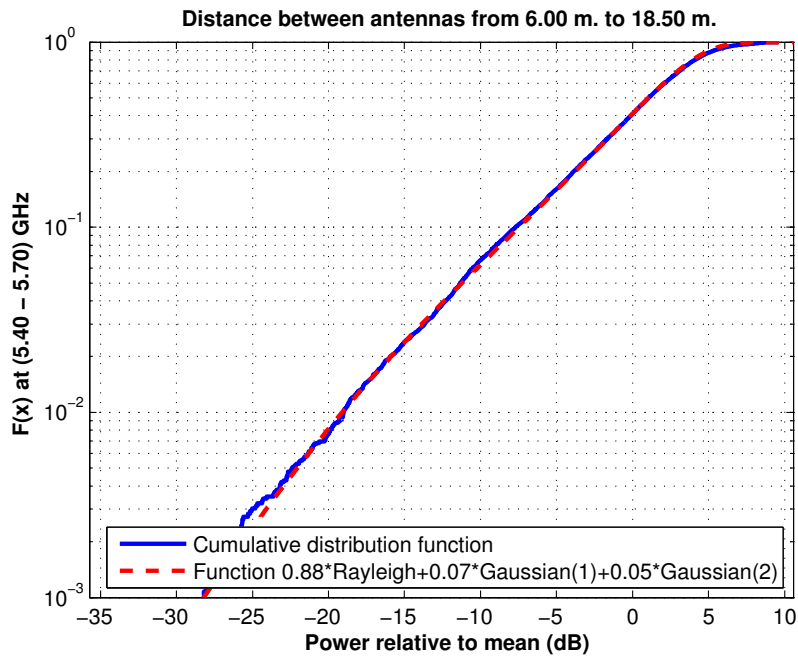


Figura 5.706: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, toda la banda

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 20 MHz, polarización vertical

La Figura 5.707 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz (5.60 - 5.62) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

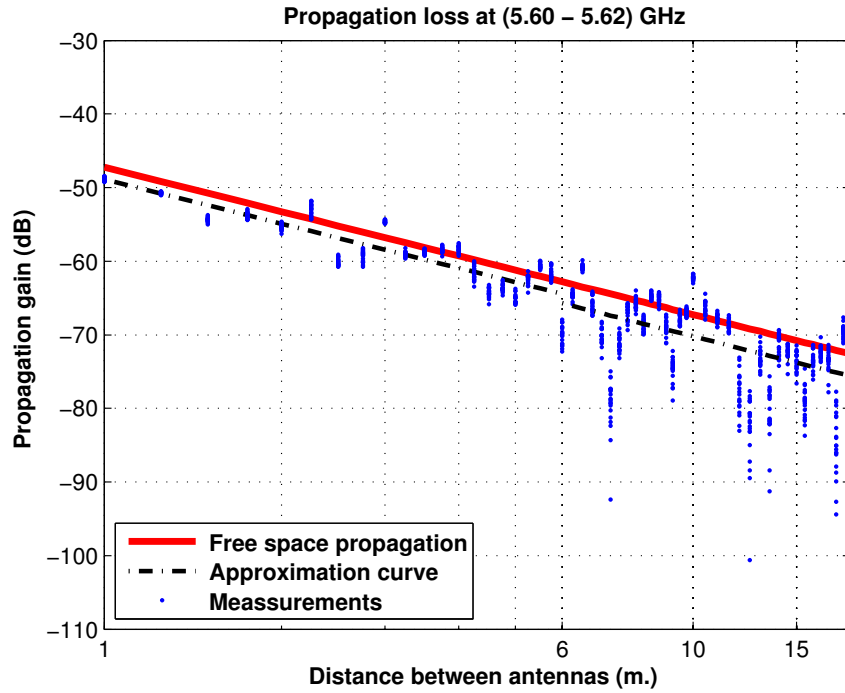


Figura 5.707: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,90 + 19,98 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 65,72 + 20,23 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.00$ es igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=2.02$, siendo este similar al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.708 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (90 %, $\mu=0.30$, $\sigma=1.90$) y otra Función Gaussiana (10 %, $\mu=-3.75$, $\sigma=2.10$). La Figura 5.709 representa su correspondiente CDF.

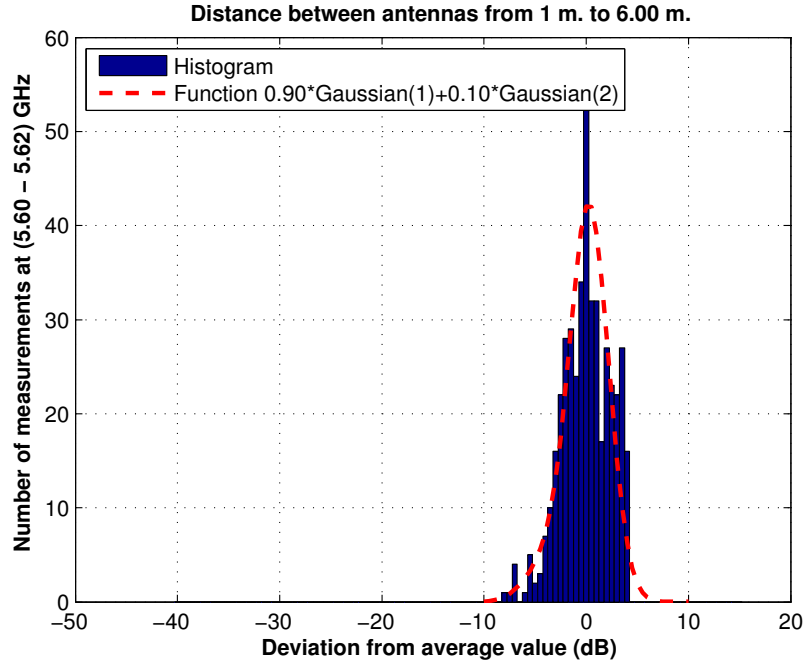


Figura 5.708: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

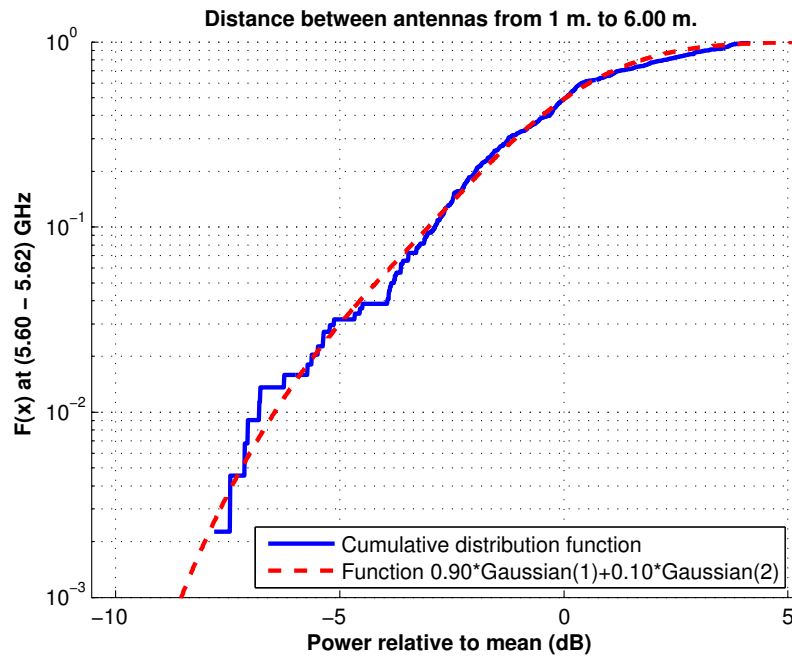


Figura 5.709: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

La Figura 5.710 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (7 %, $\mu=-7.00$, $\sigma=5.50$), otra Función Gaussiana (5 %, $\mu=4.00$, $\sigma=2.00$) y una Función Rayleigh (88 %, $\sigma=1.90$). La Figura 5.711 representa su correspondiente CDF.

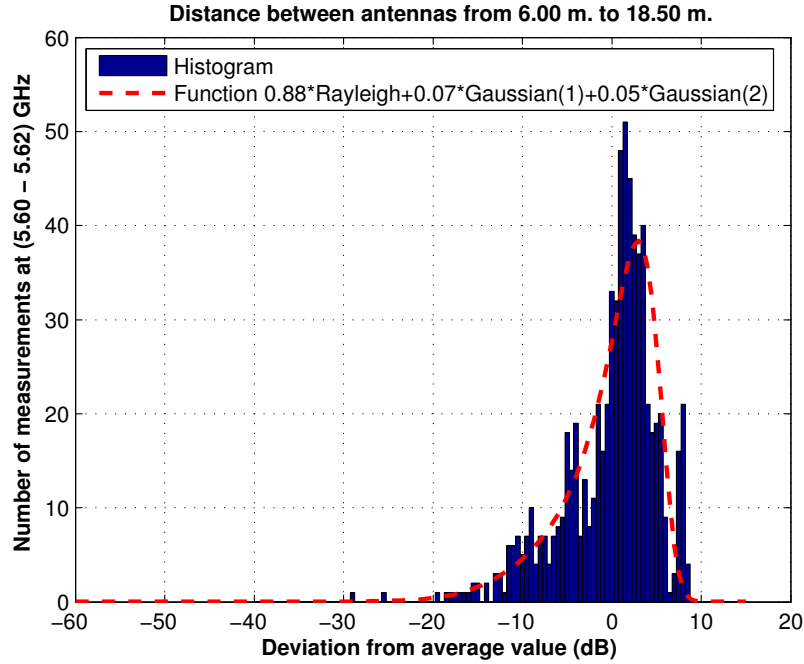


Figura 5.710: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

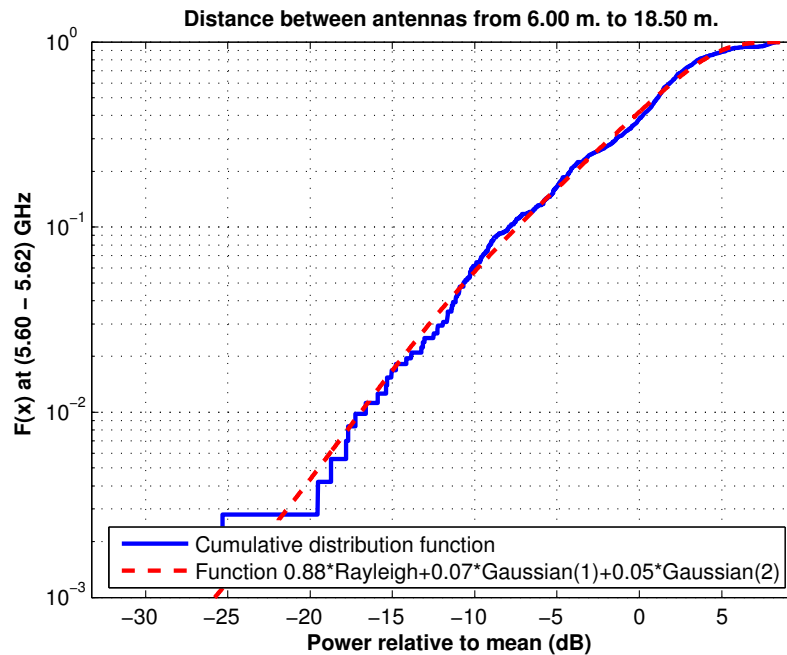


Figura 5.711: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 20 MHz

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora a 2.30 m., canal de 5 MHz, polarización vertical

La Figura 5.712 representa las pérdidas de propagación en un canal de 5 MHz (5.600 - 5.605) GHz, con polarización vertical, en función de la distancia de separación entre las antenas.

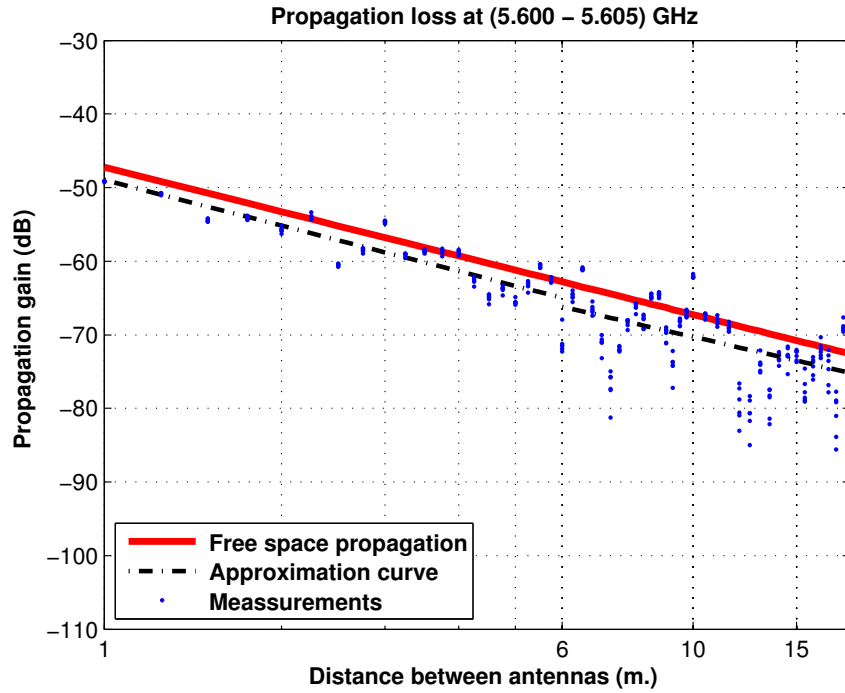


Figura 5.712: Pérdidas del pasillo ancho de la Planta 4, a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La aproximación se ha realizado con un modelo de doble pendiente, modelado de la siguiente manera

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,97 + 20,59 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,00 \text{ m.} \\ 66,19 + 18,39 * \log_{10}(d/6,00); & \text{si } d > 6,00 \text{ m.} \end{cases}$$

En este modelo pueden observarse dos exponentes de propagación distintos, en primer lugar $n_1=2.06$ es prácticamente igual que el exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre ($n_{FS}=2$). En el segundo tramo el exponente de propagación es $n_2=1.84$, siendo este ligeramente inferior al exponente de propagación del caso de las pérdidas por espacio libre.

Como se puede ver, se puede modelar todo el recorrido como espacio libre, pero la dispersión de medidas a partir de 6 m. es mayor que en el primer tramo.

La Figura 5.713 representa la desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (96 %, $\mu=0.30$, $\sigma=1.95$) y otra Función Gaussiana (4 %, $\mu=-6.50$, $\sigma=0.70$). La Figura 5.714 representa su correspondiente CDF.

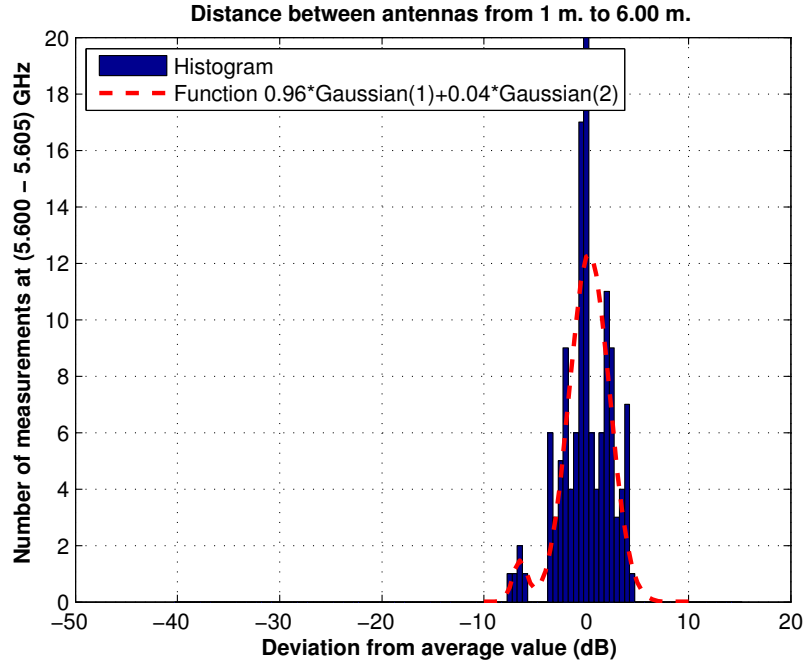


Figura 5.713: Histograma 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

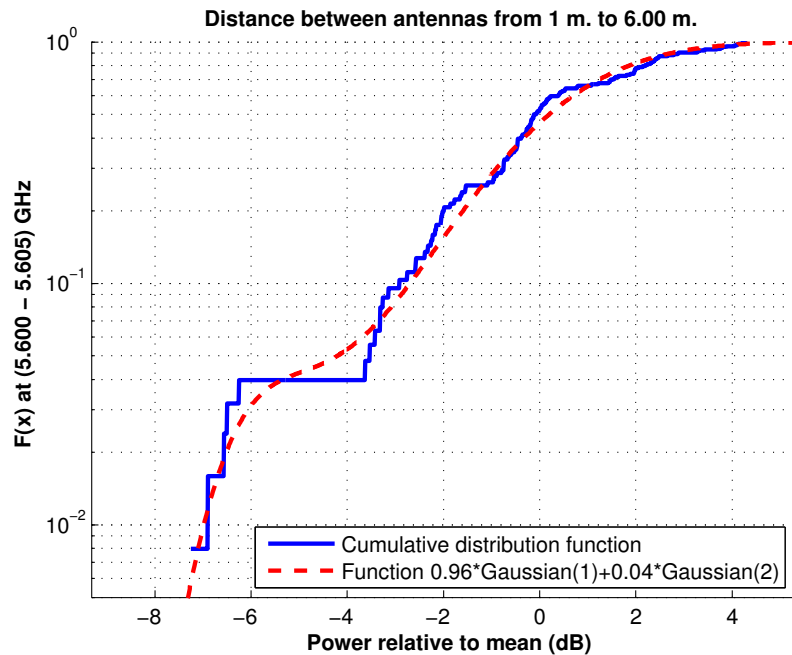


Figura 5.714: CDF 1 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

La Figura 5.715 representa la desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación. Dicha desviación se ha aproximado por una combinación de una Función Gaussiana (67 %, $\mu=2.00$, $\sigma=2.50$) y otra Función Gaussiana (33 %, $\mu=-5.00$, $\sigma=3.90$). La Figura 5.716 representa su correspondiente CDF.

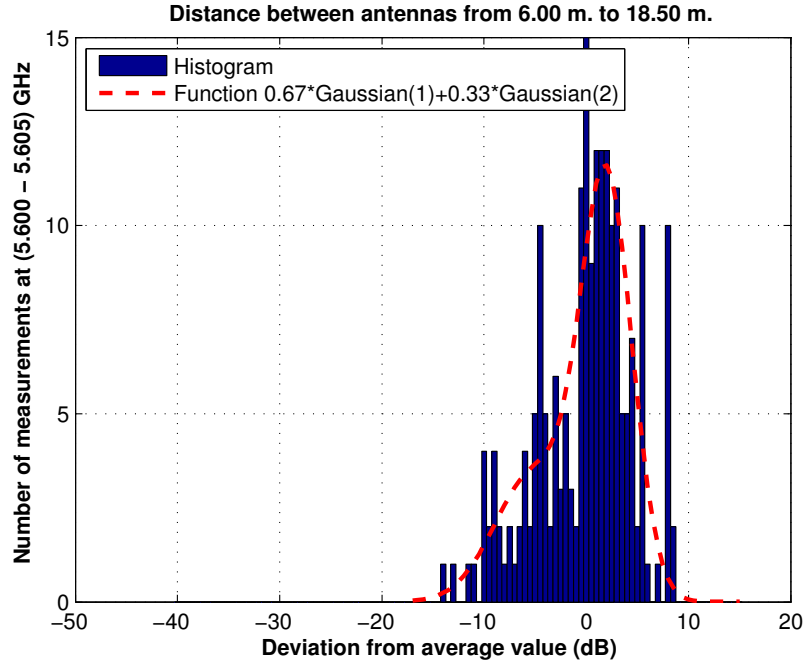


Figura 5.715: Histograma 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

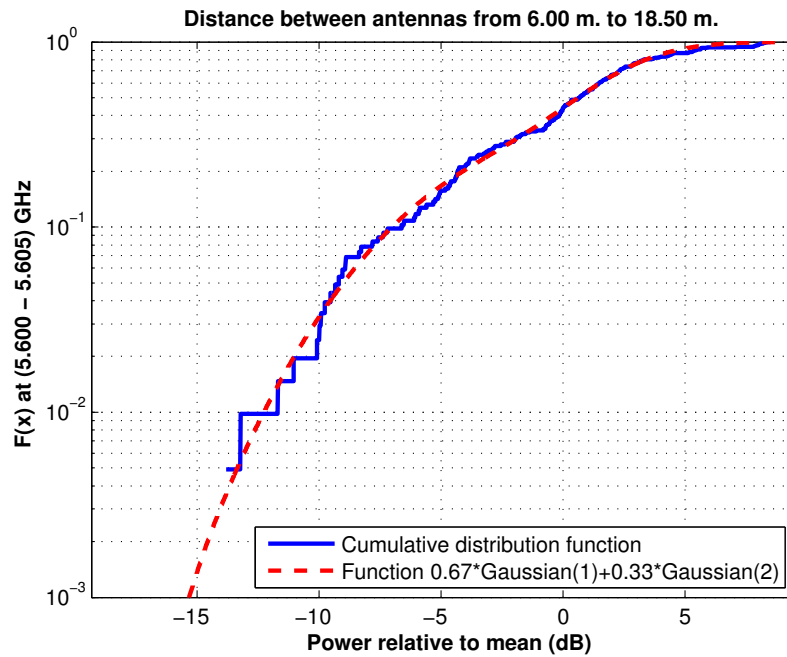


Figura 5.716: CDF 2 en pasillo ancho de la Planta 4 a 2.30 m., antenas 3 y 4, con polarización vertical, canal de 5 MHz

5.4. Análisis en el dominio del tiempo

Entorno: Pasillo central lejos de la pared, Planta Baja, Edificio C.

Objetivo: Ver cuanto se retrasa la señal por efecto del multitrayecto en un escenario concreto para poder calcular la banda de coherencia.

Antenas usadas: Se utiliza la antena 2 como emisora y las otras tres como receptoras. También se mide con la antena 4 como emisora y la antena 3 como receptora.

Altura de las antenas: Se trabaja a dos alturas distintas, situando las dos antenas a una altura de 1.40 m. o de 2.30 m.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 5.40 GHz a 5.70 GHz.

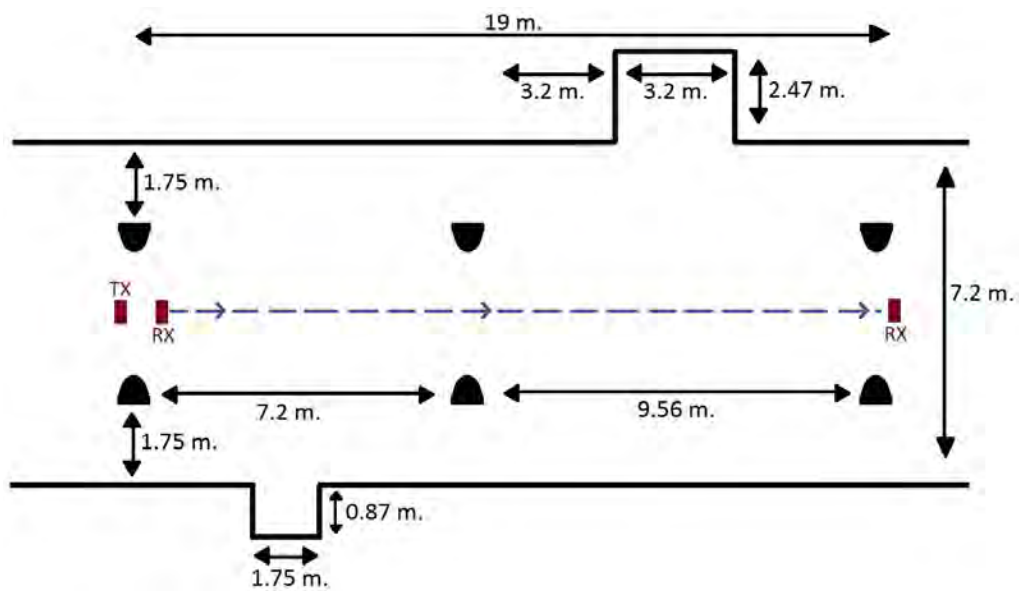


Figura 5.717: Plano del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C



Figura 5.718: Foto del pasillo central lejos de pared, Planta Baja, Edificio C

Antena 2 transmisora y antena 1 receptora

Las Figuras 5.719 y 5.720 representan la potencia recibida en función del tiempo situando las antenas a dos distancias (6 m. y 16 m.) trabajando en dos alturas distintas, a 1.4 m. y 2.3 m. respectivamente.

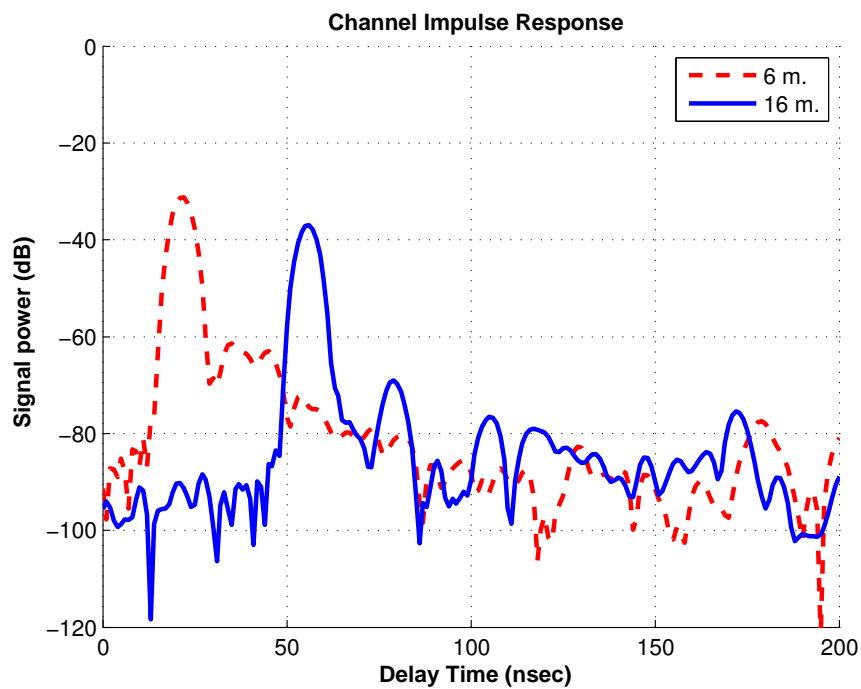


Figura 5.719: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 1 y 2, a 1.4 m. de altura

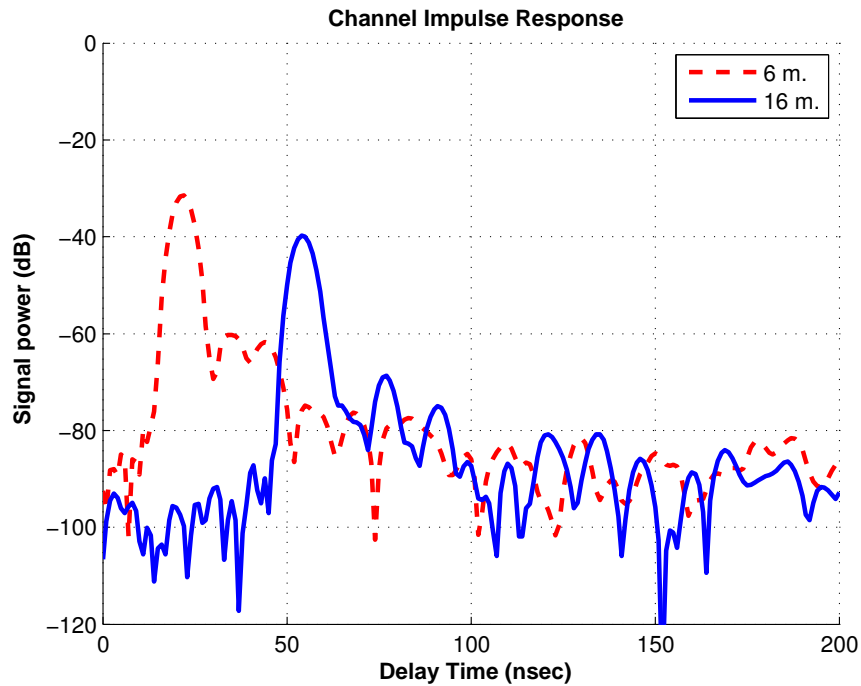


Figura 5.720: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 1 y 2, a 2.3 m. de altura

Antena 2 transmisora y antena 3 receptora

Las Figuras 5.721 y 5.722 representan la potencia recibida en función del tiempo situando las antenas a dos distancias (6 m. y 16 m.) trabajando en dos alturas distintas, a 1.4 m. y 2.3 m. respectivamente.

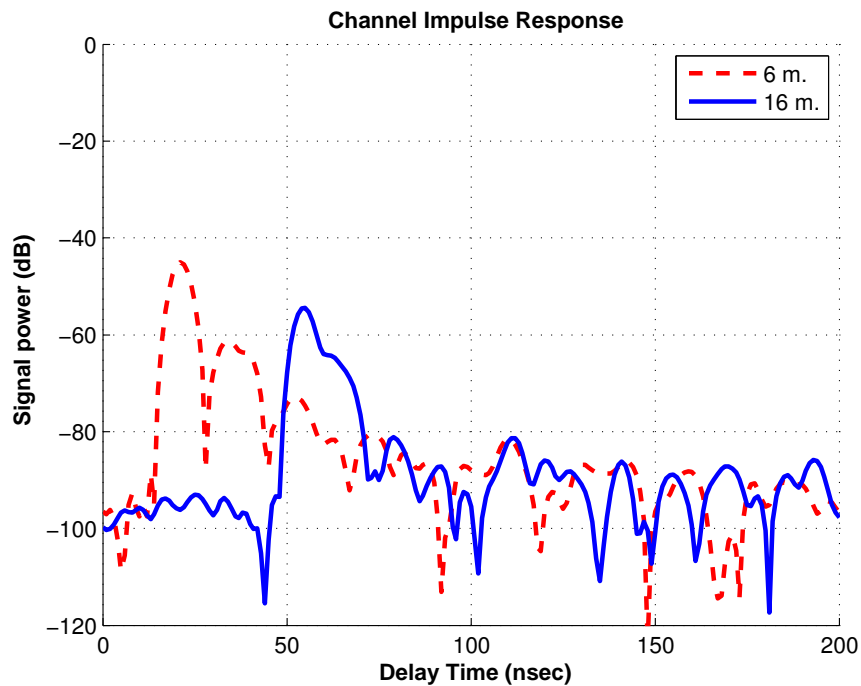


Figura 5.721: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 3, a 1.4 m. de altura

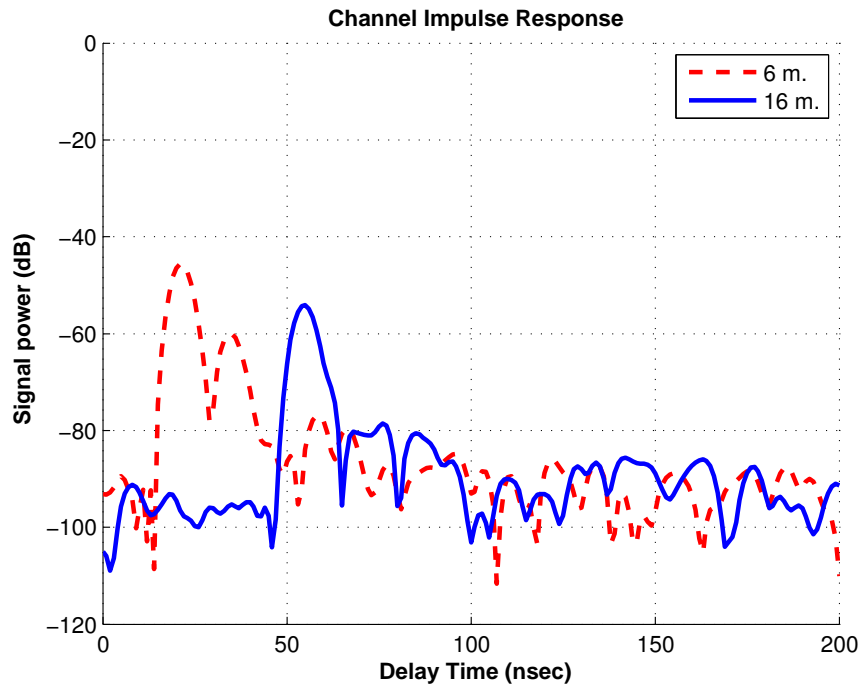


Figura 5.722: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 3, a 2.3 m. de altura

Antena 2 transmisora y antena 4 receptora

La Figura 5.723 representa la potencia recibida en función del tiempo situando las antenas a dos distancias (6 m. y 16 m.) trabajando a 1.4 m. de altura.

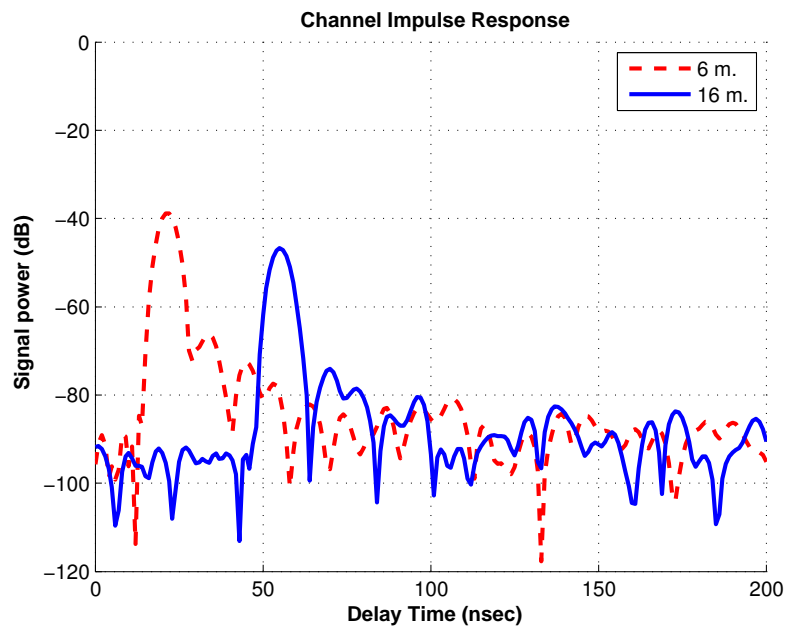


Figura 5.723: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 2 y 4, a 1.4 m. de altura

Antena 4 transmisora y antena 3 receptora

La Figura 5.724 representa la potencia recibida en función del tiempo situando las antenas a dos distancias (6 m. y 16 m.) trabajando a 1.4 m. de altura.

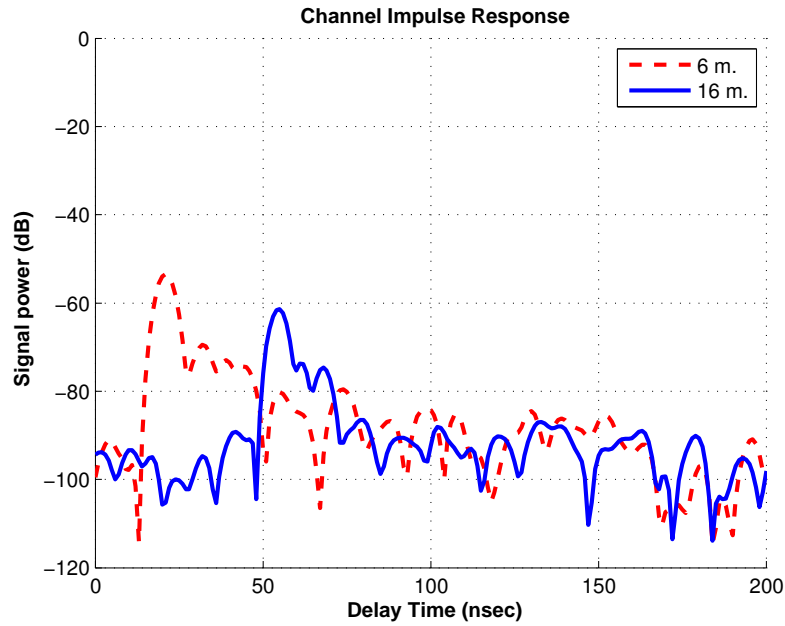


Figura 5.724: Potencia recibida frente al tiempo, antenas 3 y 4, a 1.4 m. de altura

Conclusiones

Como se ha podido observar anteriormente, el retardo de la señal en todos los casos es similar, esto es debido a que al tratarse de la misma frecuencia en todos los casos la propagación es igual independientemente de la potencia de la señal transmitida.

La señal recibida a 6m. y a 16m. tienen una forma similar en todos los casos salvo que los lóbulos secundarios, que provienen del multitrayecto, se retrasan algo menos que la señal directa. Este efecto puede verse claramente en la Figura 5.721 donde el lóbulo principal y el secundario se solapan.

Como era de esperar no existen diferencias significativas entre situar las antenas a 1.4m. de altura o situarlas a 2.3m.

Por ultimo se puede ver que con las antenas más directivas la diferencia de potencia entre el lóbulo principal y secundarios es mucho mayor que con las antenas menos directivas.

Comparaciones entre distintas configuraciones

La Figura 5.725 representa la potencia recibida en función del tiempo comparando dos configuraciones distintas (antenas 1 y 2 por un lado y antenas 3 y 4) trabajando a 1.4 m. de altura. Esto nos permite ver que diferencia hay entre la configuración mas favorable (mas directivas y con mas ganancia, antenas 1 y 2) y la mas desfavorable (menos directivas y con menos ganancia, antenas 3 y 4).

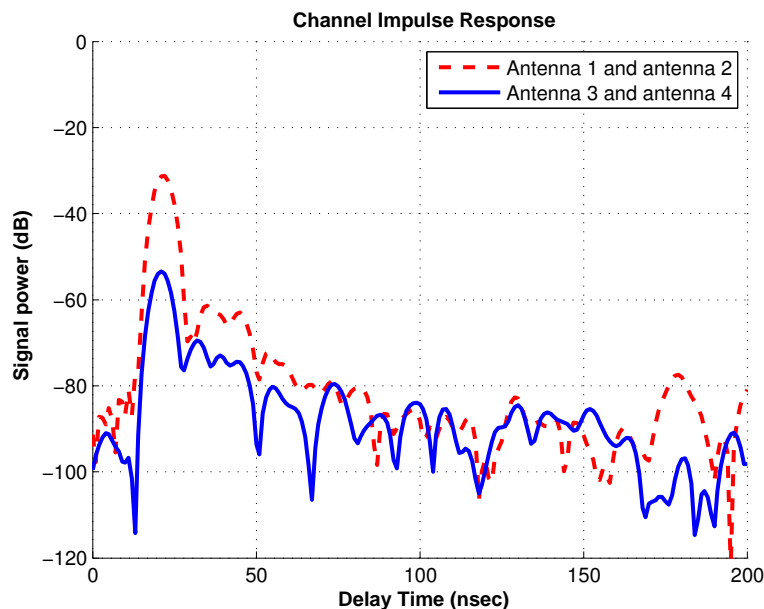


Figura 5.725: Comparación entre las antenas 1-2 y 3-4, a 1.4 m. de altura

6

Conclusiones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

En las tecnologías inalámbricas, es imprescindible realizar un estudio de canal para la correcta implantación de dicho sistema, ya que el estudio nos proporciona datos y, por lo tanto, herramientas de estimación para la correcta distribución de los distintos elementos que conforman dicha implantación.

El estudio del canal de propagación es el centro de este Proyecto Fin de Carrera, obteniendo datos sobre las pérdidas de propagación en escenarios dentro de edificios y pérdidas de inserción de distintos elementos, lo que puede dar una idea muy aproximada de la potencia de transmisión y la ganancia de las antenas que se necesitaría para cumplir unos requerimientos en un sistema basado en el estándar IEEE 802.11 ac.

Las conclusiones de los datos obtenidos de las pérdidas de propagación en los escenarios estudiados en este Proyecto Fin de Carrera son:

- Cuanta más ganancia tiene la antena, menos sensible es la señal propagada al multitrayecto y menos dispersión presentan sus medidas, por lo que la componente Rayleigh en la la distribución de la dispersión es menor.
- Cuanto más ancho sea el pasillo, menos sensible es la señal propagada al multitrayecto y menos dispersión presentan sus medidas. Es por esto que en los escenarios semi-cerrados o en pasillos estrechos la componente Rayleigh en la la distribución de la dispersión es mayor que en escenarios mas amplios.
- En distancias cortas, menos de 8 - 9 m, entre el transmisor y el receptor, la distribución de la dispersión de las medidas se asemeja a una distribución Normal porque apenas existe multitrayecto.
- En distancias largas, más de 8 - 9 m, entre el transmisor y el receptor, la distribución de la dispersión de las medidas se asemeja a una combinación de distribución Rayleigh y Normal porque aparece el multitrayecto. El peso de la componente Rayleigh aumenta frente a la componente normal según aumente la influencia del multitrayecto.
- A distancias cortas las pérdidas de propagación se asemejan a las pérdidas en espacio libre.
- Las taquillas metálicas influyen significativamente en la propagación, generando más pérdidas y mucha mas dispersión que si no existieran taquillas.
- En un mismo escenario si la señal tiene que atravesar varias paredes, las pérdidas introducidas por cada pared son cada vez menores. Se ha visto que de media atravesar la primera pared suele suponer unos 6 dB de pérdidas, atravesar la segunda pared supone unos 4 dB de pérdidas y las pérdidas introducidas por la tercera y cuarta pared son similares estando en torno a 3 dB.
- Las pérdidas introducidas al tener una columna en la linea de visión están en torno a 25 - 28 dB. Al igual que en el caso de las paredes introducir una segunda columna en la linea de visión supone solo unos 15 dB de pérdidas adicionales sumando unos 40 dB de pérdidas en total.
- Las pérdidas introducidas por una puerta de madera en la linea de visión entre antenas son de en torno a 1 dB.
- Las pérdidas introducidas al tener una ventana en la linea de visión están en torno a 5 dB.

- Situando una columna en la línea de visión entre las antenas y separando las dos antenas simultáneamente, las pérdidas totales disminuyen al disminuir las pérdidas introducidas por la columna hasta una distancia de entre 5 - 8 m. Esto se debe a que las pérdidas introducidas por la columna disminuyen más rápidamente de lo que aumentan las pérdidas por distancia.

6.2. Trabajo futuro

Se propone como trabajo futuro:

- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado con la señal modulada.
- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado en exteriores, midiendo las pérdidas introducidas por árboles y setos en distintas épocas del año.
- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado con antenas de baja ganancia.
- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado con antenas omnidireccionales.
- Realizar un estudio, análogo al que se ha desarrollado, con otras bandas de frecuencia.
- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado en exteriores en distintas condiciones ambientales (humedad, temperatura y viento).
- Realizar un estudio más preciso, a ser posible en cámara anecoica, de las pérdidas de inserción de distintos materiales para caracterizarlos con mayor exactitud.

Referencias

- [1] 802.11b, 802.11g and 802.11n Specifications, IEEE-SA Standards Board. 1999, 2002, 2009 respectivamente.
- [2] T. S. Rappaport: Wireless communications principles and practices, 2002, Prentice-Hall.
- [3] J. M. Keenan and A. J. Motley: "Radio coverage in buildings" British Telecom Technol. J., pp. 19-24, Jan. 1990.
- [4] N. Yarkoni, N. Blaunstein: "Prediction of propagation characteristics in indoor radiocommunication environment", Progress in Electromagnetics Research, PIER 59, 151-174, 2006.
- [5] L. Howitt, M.S. Khan: "A mode based approach for characterizing RF propagation in conduits", Progress in Electromagnetics Research B, Vol. 20, 49-64, 2010.
- [6] Dinesh Tummala: "Indoor propagation modeling at 2.4 GHz for IEEE 802.11 networks", M.Sc Thesis, University of North Texas, December 2005.
- [7] Emilie Masson: "Radio wave propagation in arched cross section tunnels ? Simulations and measurements", Journal of Communications, Vol. 4, No. 4, 276 - 283, May 2009.
- [8] Erik Kjeldsen and Marshall Hopkins: "An experimental look at RF propagation in narrow tunnels", Scientific Research Corporation (SRC) Atlanta, Georgia.
- [9] Marina Barbiroli , Claudia Carciofi, Vittorio Degli Esposti, Franco Fuschini, Paolo Grazioso, Doriana Guiducci, Daniel Robalo, Fernando J. Velez: "Characterization of WiMAX propagation in microcellular and picocellular environments", 2010 Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 1-5, Barcelona, Spain, 2010.
- [10] C. Nerguizian, C. L. Despina, S. Affes, M. Djadel: "radio-channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz", IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 4, No. 5, 2441-2453, September 2005.
- [11] OSHA, Cincinnati Technical Center: "Electromagnetic Radiation and How It Affects Your Instruments. Near field vs. Far field.", May. 1990.
- [12] Balanis, Constantine A.: "Antenna theory analysis and design", 2nd edition, John Wiley & sons inc., 1997.
- [13] Tobias Koch and Amos Lapidoth: "Gaussian Fading is the Worst Fading" ETH Zurich, Apr. 2008.
- [14] Bazil Taha Ahmed: "Antenas 2, RRF" Universidad Autónoma de Madrid, Sep. 2008.
- [15] Jose Maria Lalueza: "Estudio de propagación en diferentes entornos para señales de banda ancha en sistemas WiMAX", Proyecto Fin de Carrera UAM, 2010.

- [16] José Luis Masa Campos, José María Lalueza-Mayordomo, Bazil Taha Ahmed: "RF propagation in indoor environment at WiMAX band of 3.5 GHz", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 24, pp. 2495-2508, 2010.
- [17] Bazil Taha Ahmed, José Luis Masa Campos, José María Lalueza Mayordomo: "Propagation Path Loss and Materials Insertion Loss in Indoor Environment at WiMAX Band of 3.3 to 3.6 GHz", *Wireless Personal Communications*, publicado on-line.
- [18] Pablo Andrés Núñez López: "Estudio de la propagación de señales electromagnéticas en edificios en bandas de WiFi y WiMAX", Proyecto Fin de Carrera UAM, 2009.



Versión

Esta versión de la memoria solo contiene las gráficas y datos de las medidas realizadas en polarización vertical. Puede encontrarse una versión completa del trabajo que incluye todos los datos y gráficas para la polarización horizontal en el CD que se adjunta. Esto se ha decidido hacer así puesto que la memoria completa resulta demasiado extensa.

Del mismo modo, en esta versión del trabajo también se ha optado por no incluir algunos resultados en la banda de 5 MHz para reducir el tamaño de la memoria. Todos los datos no incluidos en esta memoria pueden verse en la versión completa de este trabajo.



Publicación

Fruto del trabajo realizado a lo largo de este proyecto se ha realizado una publicación titulada «Short Range Propagation Model for a Very Wideband Directive Channel at 5.5 GHz Band», en el que se presentan las pérdidas de propagación de un canal de 300 MHz en la banda de 5.5 GHz usando distintas antenas en varios escenarios.

Revista: PIER Journals

Estado: Enviado

From: PIER & JEMWA Editorial and Production Board [mailto:work@jpier.org]

Date: June, 5th 2012, 14:36

To: basil.taha@uam.es

Subject: Thank you for your submission for PIER & JEMWA 12060509

Dear Dr. Basil Taha Ahmed:

You will receive an official acknowledgement for the submission of your article, after the editorial board has determined the submitted file and all information are complete.

You will not receive anything if your file is deficient.

You may send an email inquiry if you did not receive anything in one week.

Title: Short Range Propagation Model for a Very Wideband Directive Channel at 5.5 GHz Band

Corresponding Author: Dr. Basil Taha Ahmed Uploaded

file(s): Band 5.5 GHz V3.doc,Band 5.5.pdf

Time: 2012-06-05

From: 150.244.58.2

Key: 12060509

Please use this key for all future correspondences related to this paper.

You are strongly suggested to visit the Author Guidelines at,

[http : //www.jpier.org/PIER/authors.php](http://www.jpier.org/PIER/authors.php)

Thank you for your submission.

With our best regards,

— — —

Editorial and Production Board <work@jpier.org> Journal of Electromagnetic Waves and Applications Progress in Electromagnetic Research (PIER, PIER B,C,M, PIER Letters)

Suite 207

777 Concord Avenue

Cambridge, MA 02138, USA

www.jpier.org

On-Line submission: *[http : //www.jpier.org/PIER/online/submit_new.php](http://www.jpier.org/PIER/online/submit_new.php)*

Short Range Propagation Model for a Very Wideband Directive Channel at 5.5 GHz Band

Bazil Taha Ahmed E-mail: bazil.taha@uam.es

David Fernandez Campillo, and Jose Luis Masa Campos

**Universidad Autonoma de Madrid, Escuela Politecnica Superior
Madrid 28049, SPAIN**

Abstract: In this work, the propagation loss of three short range directive channels at 5.5 GHz is measured using different directive antennas and a Vector Network Analyzer (VNA). Results are given for a channel bandwidth of 300 MHz which will be the future channel bandwidth of IEEE 802.11 ac system. It has been noted that the multipath induced fading tends to have Normal Distribution at low distance between the transmitting and the reception antennas. At higher distances, it tends to have Normal distribution plus Rayleigh one. Channel Impulse response (CIR) is also measured indicating that the main contribution is due to the direct ray and the one reflected from the floor. The human being obstruction causes an extra propagation loss of 2 to 10 dB depending on its distance from the transmitting antenna.

Keywords: Propagation loss, Channel Impulse Response, Human being obstruction loss

1- Introduction

IEEE 802.11 ac systems will operate at the 5.5 GHz band with a frequency bandwidth per channel up to 160 MHz and 320 MHz in the near future [1]. Thus it is important to study the indoor losses at this band.

The study of indoor propagation is of vital importance since it can be used in many applications, namely, indoor communications and localization [2, 4]. In [5], a theoretical treatment of propagation in indoor environment has been given meanwhile in [6], a mode based approach for characterizing RF propagation in conduits has been given. Cut-off frequency of each mode of propagation has been obtained. In [7] indoor propagation loss at 2.4 GHz band has been presented. Studied zones are a closed corridor, an open corridor and a classroom. Results show that propagation loss deviation from the mean value can be presented

by Gaussian distribution with $\sigma \approx 1$ dB for all the cases. In [8] propagation losses are measured in different frequency bands (1, 2.4 and 5.8 GHz) within an arched cross section tunnels. Results show that fast fading could be represented by Rayleigh distribution. The used antennas were wideband horn antennas with a gain of 9.2 dBi at 2.4 GHz and 10.1 dBi at 5.8 GHz. In [9] propagation loss in narrow tunnels is presented. Measurements results at 374 MHz, 915 MHz, and 2400 MHz are given. Studied scenarios were unobstructed, line of site (LOS), Obstructed LOS, T-junction NLOS and L-bend NLOS. Results show that deviation from the mean value could be presented by Gaussian distribution. Antennas used at 2.4 GHz, have a gain of 6.5 dBi. In [10], different propagation models for coverage prediction of WiMAX microcellular and picocellular urban environments and for WiMAX indoor femtocells at 3.5 GHz are compared with experimental data. Results obtained for different urban and indoor environments show that statistical models are quite far from good agreement with experimental data while deterministic ray-tracing models provide appropriate prediction in all different complex analyzed environments. The modeling of new WLAN models for indoor and outdoor environments is presented in [11]. Based on the standard Opnet models for WLAN nodes, the propagation loss estimation for these two types of environment has been improved. Paper [12] describes and evaluates a new algorithm for the purpose of Indoor propagation prediction for centimetric waves. The approach shown in this paper started from formalism similar to the famous transmission line model approach in the frequency domain. In [13], the radio channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz is investigated. Propagation loss as a function of the distance between the transmitter and the receiver has been presented. Delay spread has been also given. In [14], the propagation modes and the temporal variations along a lift shaft in UHF band have been given. Moreover, propagation in corridors, as well as tunnels and urban street canyons has been studied in [15, 16].

In this paper, a model to characterize the indoor channel at 5.5 GHz frequency band in commonly found building scenarios is presented. Equations to describe path loss have been determined from the analysis of measurement results in each scenario. A 300 MHz bandwidth has been selected since it is the future bandwidth that can be used in the IEEE 802.11 ac system. This work also presents the Channel Impulse Response (CIR) of some scenarios and the obstruction loss due human beings between the transmitting and receiving antennas.

Our contribution is the study for the first time the propagation loss and the channel impulse response (CIR) of a very wideband directive channels at the 5.5 GHz band.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 presents the propagation model that can express the propagation loss. In section 3, the measurement campaign

details with its results are given. In Section 4, conclusions are drawn.

2- Propagation Model

In indoor environment, propagation could be due to the direct ray and four reflection rays (reflection from side walls, ground and ceil). For a medium distance (higher than the width of the studied zone) between the transmitting antenna and the receiving one, multi reflection rays may also exist. Thus, in general, indoor propagation can not be represented by the Two Rays Model (direct ray and ground reflection one).

For a short distance between the transmitting and receiving antennas (d), the propagation loss for an indoor environment is given by:

$$L_p(dB) = L_o + 10 n_1 \log_{10} \left(\frac{d}{d_o} \right) + \xi_1 \quad (1)$$

, where L_o is the propagation loss at the reference distance d_o (1 m in our case), n_1 is the propagation exponent, and ξ_1 is a random variable (Normal, Rayleigh or a combination of both) that represents the deviation from the mean value due to the multipath induced fading.

Sometimes, second mode of propagation exists due to the waveguide mode of propagation which is generated in narrow corridors. In this case, the propagation loss at a distance d higher than the breakpoint distance d_b can be written as:

$$L_p(dB) = \begin{cases} L_o + 10 n_1 \log_{10}(d_b) + \xi_1, & d \leq d_b \\ L_1 + 10 n_2 \log_{10}(d / d_b) + \xi_2, & d > d_b \end{cases} \quad (2)$$

, where L_1 is the propagation loss of the distance d_b at which the waveguide mode starts, n_2 is the second propagation exponent usually lower than n_1 and ξ_2 is a random variable (Normal, Rayleigh or a combination of both) that represents the deviation from the main value due to the multipath induced fading. In wide indoor environment, n_2 will be in general higher than 2 (3 to 4). Equation (2) represents the commonly known two slopes propagation model [17, 18 and 19].

The large scale fading is presented by the sum of M Normal (Gaussian) random variables N_m and the small scale fading is presented by a Rayleigh random variable (R) [12]. Thus, in the rest of the paper, we will present ξ_1 and ξ_2 as:

$$\xi_1, \xi_2 = \sum_{m=1}^M W_m N_m(\mu_m, \sigma_m) + W_{Ray} R \quad (3)$$

Where

- W_m is the weight of the Normal (Gaussian) fading component m .
- μ_m is the mean value of the Normal (Gaussian) fading component m .
- σ_m is the standard deviation of the Normal (Gaussian) fading component m .
- W_{Ray} is the weight of the Rayleigh fading component m .

The sum of the weights of $M+1$ fading components is 1, i.e.,

$$\sum_{m=1}^M W_m + W_{Ray} = 1 \quad (4)$$

3- Measurement Campaign

A Network Analyzer (6 GHz ZVL of Rohde & Schwarz) has been used to measure the propagation loss at the 5.5 GHz band. Calibration has been carried out with a 21 m cable. The gain of the two directional patch antennas used in the study has been measured with an error lower than 0.1 dB using the standard method (by comparison of received power between the measured antenna and a calibrated standard horn antenna). The propagation loss is the sum of the gain of the two antennas used in the measurements plus the reading of the network analyzer. It is believed that the measurement error is lower than 0.3 dB. The transmitted power in all the measurements was 10 dBm, with a receiver resolution bandwidth of 100 KHz, and the Rx antenna is separated from the Tx antenna (fix) from 1 to 19 m. Measurements have been carried out in different sites within the Escuela Politecnica Superior of the Universidad Autonoma de Madrid. To measure the Channel Impulse Response (CIR), the Vector Network Analyzer Agilent E5071C is used.

The first studied scenario is represented by Fig. 1A and a photograph of it is give by Fig. 1B. It consists of 5.65 m passage with a length of 40m. Measurements have been carried out with a maximum distance between the two antennas (transmitting and receiving one) of 19m.

Fig. 2 shows the propagation gain (loss) of **the first case of this scenario using two antennas with a gain of 19 dB with vertical polarization.**

The first part of the measuring zone (up to 9 m) has a mean propagation loss is given by:

$$L_{p1} = 47.44 + 19.81 * \log_{10}(d), \quad d \leq 9.00 \text{ m.}$$

The second part of the measuring zone ($d > 9 \text{ m}$) has a mean propagation loss given by:

$$L_{p2} = 66.61 + 16.85 * \log_{10}(d / 9.00), \quad d > 9.00 \text{ m.}$$

Fig. 3 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value given as the sum of two Normal (Gaussian) functions with the following:

- Normal 1 – Weight = 93%, $\mu=0.05$ dB, $\sigma = 0.30$ dB
- Normal 2 – Weight = 7%, $\mu=-0.50$ dB, $\sigma = 0.55$ dB

Fig. 4 presents the second zone (distance > 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value given as the sum of two Normal (Gaussian) functions with the following:

- Normal 1 – Weight = 77%, $\mu= 0.4$ dB, $\sigma = 0.9$ dB
- Normal 2 – Weight = 23%, $\mu= -2.3$ dB, $\sigma =1.1$ dB

Fig. 5 shows the propagation gain (loss) of **the second case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 19 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.**

Table 1 shows the propagation parameters of this case. (Please see Equation 2).

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.94	1.965	9	66.95	1.875

Table 1: Propagation parameters of the first case of scenario 1.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 85%, $\mu=0.2$ dB, $\sigma = 0.6$ dB
	Normal 2 – Weight = 15%, $\mu= -0.8$ dB, $\sigma = 0.8$ dB
Zone 2	Normal 1 – Weight = 69%, $\mu= 0.2$ dB, $\sigma = 1.3$ dB
	Normal 2 – Weight = 30%, $\mu= -1.0$ dB, $\sigma =2.2$ dB
	Rayleigh - Weight = 1%.

Fig. 6 shows the propagation gain (loss) of **the third case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 11 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.**

Table 2 shows the propagation parameters of this case

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.65	1.966	9	63.12	1.966

Table 2: Propagation parameters of the second case of scenario 1.

Fig. 7 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value given as the sum of two Normal (Gaussian) functions.

Fig. 8 presents the second zone (distance > 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh one.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 85%,	$\mu = 0.12\text{dB}$,	$\sigma = 0.85\text{dB}$
	Normal 2 – Weight = 15%,	$\mu = -0.45\text{ dB}$,	$\sigma = 1.10\text{ dB}$
Zone 2	Normal 1 – Weight = 74%,	$\mu = 0.25\text{ dB}$,	$\sigma = 1.6\text{ dB}$
	Normal 2 – Weight = 23%,	$\mu = -1.30\text{ dB}$,	$\sigma = 2.5\text{ dB}$
	Rayleigh - Weight = 3%		

For this scenario it can be noticed that n_1 is almost equal to 2 and that n_2 is lower. Also it can be noticed that in zone 2, the Rayleigh fading contribution is very low.

The second studied scenario is represented by Fig. 9A and a photograph of it is give by Fig. 9B. It consists of 5.75 m passage with a length of 60m. Measurements have been carried out with a maximum distance between the two antennas (transmitting and receiving one) of 19m.

Fig. 10 shows the propagation gain (loss) of the first case of this scenario using two antennas with a gain of 19 dB with vertical polarization.

Table 3 shows the propagation parameters of this case:

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.13	1.973	9	66.27	1.784

Table 3: Propagation parameters of the first case of scenario 2.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 93%,	$\mu=0.05$ dB,	$\sigma = 0.30$ dB
	Normal 2 – Weight = 7%,	$\mu= -0.10$ dB,	$\sigma = 0.64$ dB
Zone 2	Normal 1 – Weight = 85%,	$\mu= 0.2$ dB,	$\sigma = 1.2$ dB
	Normal 2 – Weight = 15%,	$\mu= -2.5$ dB,	$\sigma =1.6$ dB

Fig. 11 shows the propagation gain (loss) of the second case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 19 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.

Table 4 shows the propagation parameters of this case.

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.89	1.987	9	67.03	1.707

Table 4: Propagation parameters of the second case of scenario 2.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 85%,	$\mu=0.2$ dB,	$\sigma = 0.9$ dB
	Normal 2 – Weight = 15%,	$\mu= -0.5$ dB,	$\sigma = 1.6$ dB
Zone 2	Normal 1 – Weight = 70%,	$\mu= 0.2$ dB,	$\sigma = 1.3$ dB
	Normal 2 – Weight = 30%,	$\mu= -1.3$ dB,	$\sigma = 3.3$ dB

Fig. 12 shows the propagation gain (loss) of the third case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 11 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.

Table 5: shows the propagation parameters of this case.

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.57	2.011	6	63.69	1.772

Table 5: Propagation parameters of the third case of scenario 2.

Fig. 13 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions. Fig. 14 presents the second zone (distance > 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh one.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 85%,	$\mu = 0.12\text{dB}$,	$\sigma = 0.75\text{dB}$
	Normal 2 – Weight = 15%,	$\mu = -0.50\text{ dB}$,	$\sigma = 1.75\text{ dB}$
Zone 2	Normal 1 – Weight = 70%,	$\mu = 0.25\text{ dB}$,	$\sigma = 1.6\text{ dB}$
	Normal 2 – Weight = 23%,	$\mu = -1.30\text{ dB}$,	$\sigma = 3.3\text{ dB}$
	Rayleigh - Weight = 7%		

For this scenario it can be noticed that n_1 is almost equal to 2 and that n_2 is lower. Also it can be noticed that in zone 2, the Rayleigh fading contribution is very low.

The third studied scenario is represented by Fig. 15A and a photograph of it is give by Fig. 15B. It consists of 2.5m passage open from one side with a length of 60m. Measurements have been carried out with a maximum distance between the two antennas (transmitting and receiving one) of 19m.

Fig. 16 shows the propagation gain (loss) of the first case of this scenario using two antennas with a gain of 19 dB with vertical polarization.

Table 6 shows the propagation parameters of this case:

$L_o(\text{dB})$	n_1	$d_b(\text{m})$	$L_1(\text{dB})$	n_2
47.73	1.926	9	68.05	0.814

Table 6: Propagation parameters of the first case of scenario 3.

Fig. 17 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given by one Normal (Gaussian) function. Fig. 18 presents the second zone (distance > 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh component.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 100%,	$\mu = 0.0\text{ dB}$,	$\sigma = 0.43\text{ dB}$
Zone 2	Normal 1 – Weight = 3%,	$\mu = -15.0\text{ dB}$,	$\sigma = 7.0\text{ dB}$
	Normal 2 – Weight = 37%,	$\mu = 4.0\text{ dB}$,	$\sigma = 2.2\text{ dB}$
	Rayleigh – Weight = 60%		

Fig. 19 shows the propagation gain (loss) of the second case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 19 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.

Table 7 shows the propagation parameters of this case.

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
48.03	1.978	9	68.57	0.780

Table 7: Propagation parameters of the second case of scenario 3.

Fig. 20 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh component. Fig. 21 presents the second zone (distance > 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh one.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 45%, $\mu=1.2\text{dB}$, $\sigma = 1.1\text{dB}$ Normal 2 – Weight = 50%, $\mu= -1.0 \text{ dB}$, $\sigma = 1.7 \text{ dB}$ Rayleigh – Weight = 5%
Zone 2	Normal 1 – Weight = 7%, $\mu= 2.0 \text{ dB}$, $\sigma = 1.0\text{dB}$ Normal 2 – Weight = 3%, $\mu= -15.0\text{dB}$, $\sigma = 8.0 \text{ dB}$ Rayleigh – Weight = 90%

Fig. 22 shows the propagation gain (loss) of the third case of this scenario using a transmitting antenna with a gain of 11 dB and a receiving one with a gain of 8 dB with vertical polarization.

Table 8 shows the propagation parameters of this case.

L_o (dB)	n_1	d_b (m)	L_1 (dB)	n_2
47.74	2.092	9	62.84	1.181

Table 8: Propagation parameters of the third case of scenario 3.

Fig. 23 presents the first zone (up to 9m) Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh component. Fig. 24 presents the second zone (distance > 9m)

Cumulative Distribution Function (CDF) of the measurements deviation from the mean value is given as the sum of two Normal (Gaussian) functions and a Rayleigh one.

The multipath induced fading for the two measurement zone is given by:

Zone 1	Normal 1 – Weight = 15%,	$\mu = 0.0$ dB,	$\sigma = 0.85$ dB
	Normal 2 – Weight = 47%,	$\mu = 1.7$ dB,	$\sigma = 3.00$ dB
	Rayleigh – Weight = 38%		
Zone 2	Normal 1 – Weight = 23%,	$\mu = 4.0$ dB,	$\sigma = 1.9$ dB
	Normal 2 – Weight = 15%,	$\mu = -3.0$ dB,	$\sigma = 5.0$ dB
	Rayleigh - Weight = 62%		

For this scenario it can be noticed that n_1 is almost equal to 2 and that n_2 is lower. Also it can be noticed that in zone 2, the Rayleigh fading contribution is high.

Comparing the results of this scenario with those of the first and second scenarios, it can be noticed that the second propagation exponent n_2 is in general lower than 1.5 while it is generally higher than 1.5 for the first and the second scenarios. Also it can be noticed that for the second part of the measurement zone, the deviation from the mean value has a higher contribution of Rayleigh component.

Fig. 25 represents the Channel Impulse response of the first case of scenario 1 for at 6 and 16m. It can be noticed that the delayed signals have a very small contribution (lower than - 30 dB). The time delay of the first peak (at 6 m distance) is 21 nsec (20 nsec due to propagation and 1 nsec due to the feeding systems of the two antennas). The time delay of the first peak (at 16 m distance) is 54.3 nsec (53.3 nsec due to propagation and 1 nsec due to the feeding systems of the two antennas). In both cases the first lobe is due to the direct ray and the one reflected from the floor.

Fig. 26 represents the Channel Impulse response of the third case of scenario 1 for at 6 and 16m. It can be noticed that the delayed signals have a higher contribution than the previously case.

The effect of the human shadowing due to non directive channel has been studied in [20] and [21]. Here we present further result dealing with a directive channel. Fig. 27 presents the effect of the human being (1.8 m height and 90 Kg weight) obstruction with an operating frequency is 5.6 GHz with antenna's height of 1.3 m. It can be noticed that it has a higher effect of up to 10 dB when it is near to the transmitting antenna (lower than 10 m of distance). At higher distance the effect is lower (1 dB to 2 dB).

4- Conclusions

In this work, the propagation loss of three short range directive channels at 5.5 GHz (used for the IEEE 802.11 ac systems) is measured using different directive antennas. Results are given for a channel bandwidth of 300 MHz which will be the future channel bandwidth of IEEE 802.11 ac system. It has been noted that the multipath induced fading tends to have Normal Distribution with one or two components at low distance between the transmitting and the reception antennas. At higher distances, it tends to have Normal distribution plus Rayleigh one. Channel Impulse response (CIR) is also measured indicating that the main contribution is due to the direct ray and the one reflected from the floor. The human being obstruction causes an extra propagation loss of 2 to 10 dB depending on its distance from the transmitting antenna.

Appendix A

Figures A1 and A2 plot the probability density Function of two possible combinations of two Gaussian distribution functions plus a Rayleigh one. This shows the high capability of our propagation model to represents an infinite number of possible PDF of the multipath induced fading. **It is believed that a combination of four Gaussian distribution functions with one Rayleigh component can almost fits the all possible multipath induced fading profiles.**

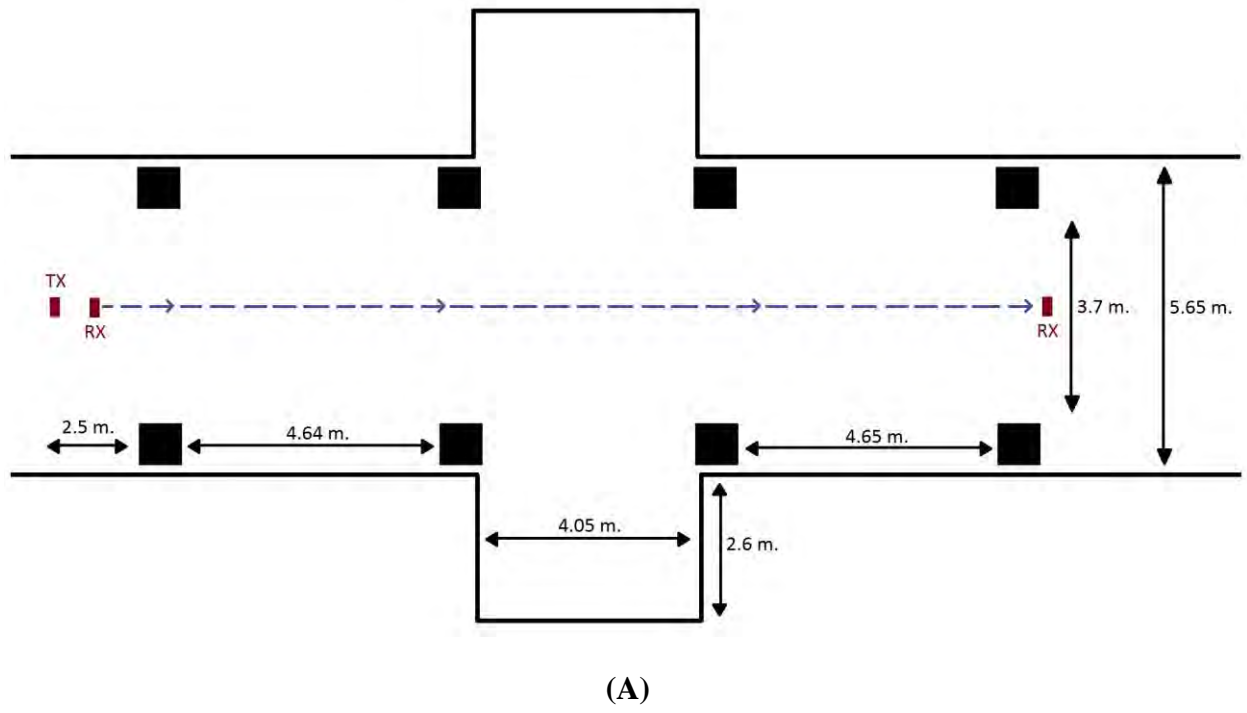


Fig. 1: First studied scenario.

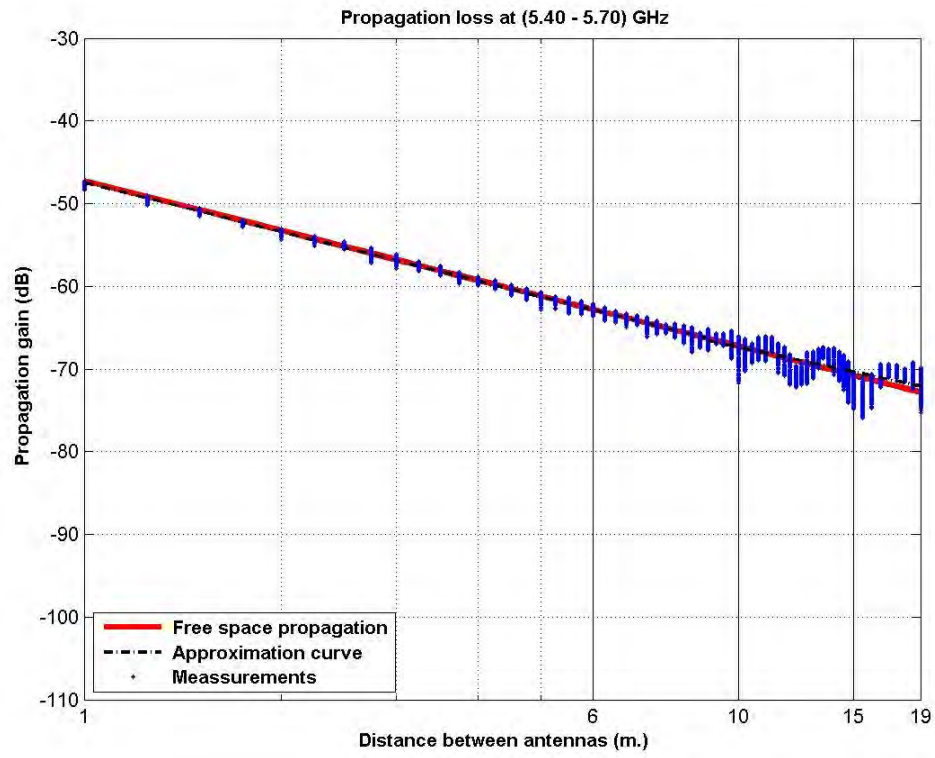


Fig. 2: Propagation loss of the first case of scenario 1.

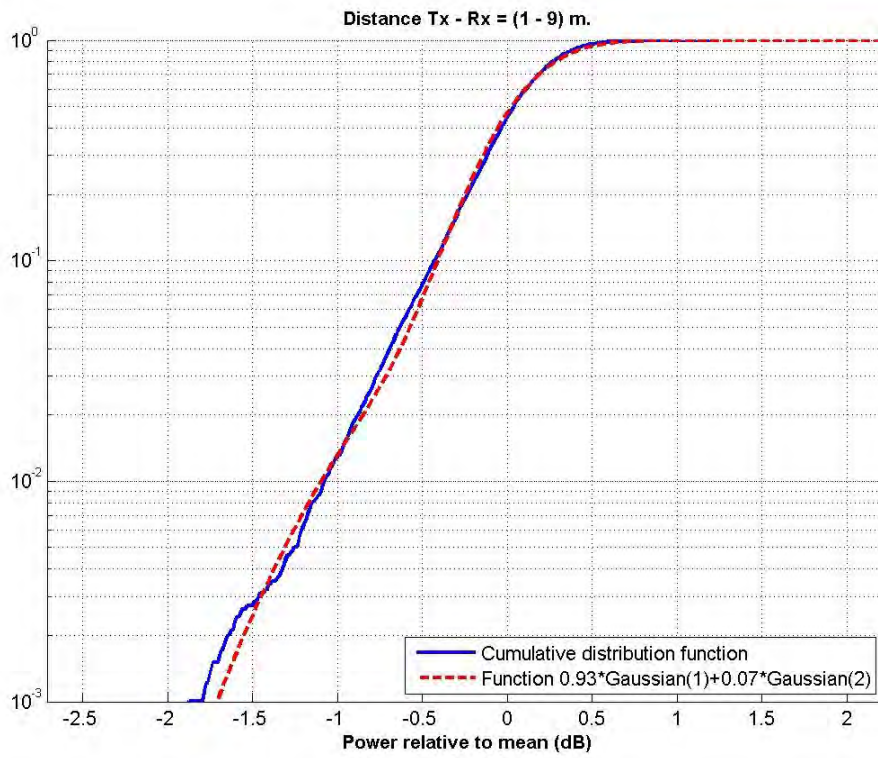


Fig. 3: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the first case of scenario 1.

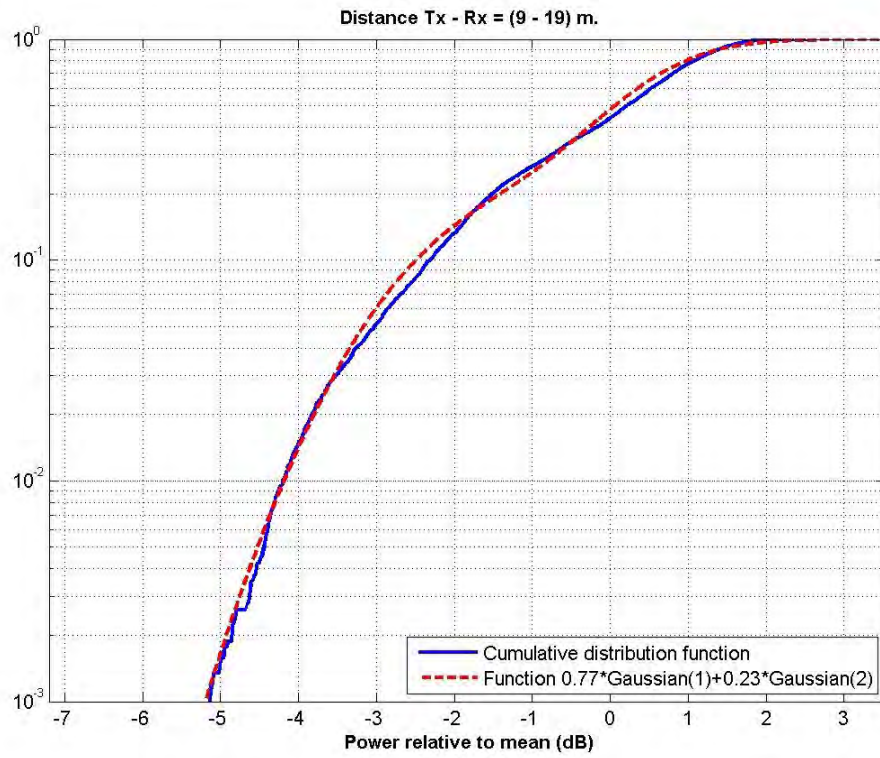


Fig. 4: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the first case of scenario 1.

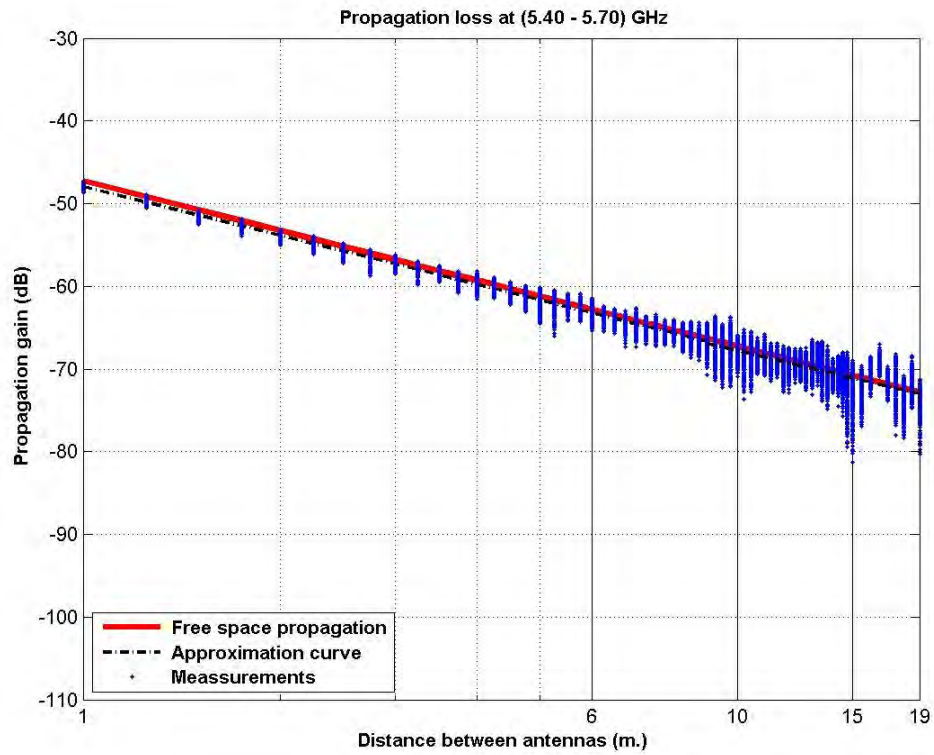


Fig. 5: Propagation loss of the second case of scenario 1.

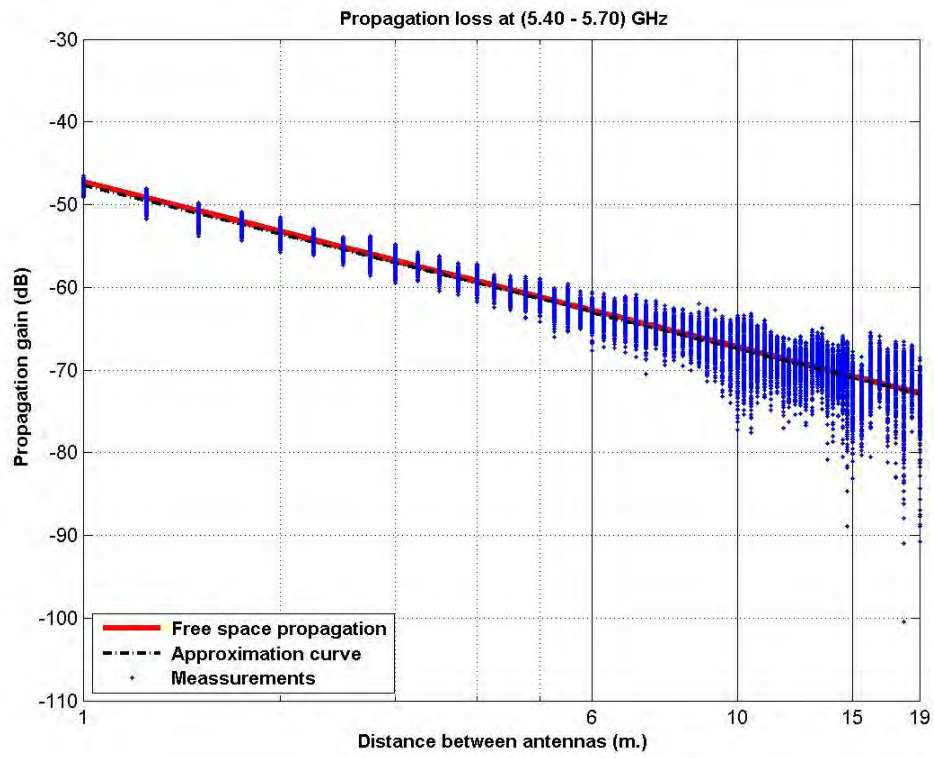


Fig. 6: Propagation loss of the third case of scenario 1.

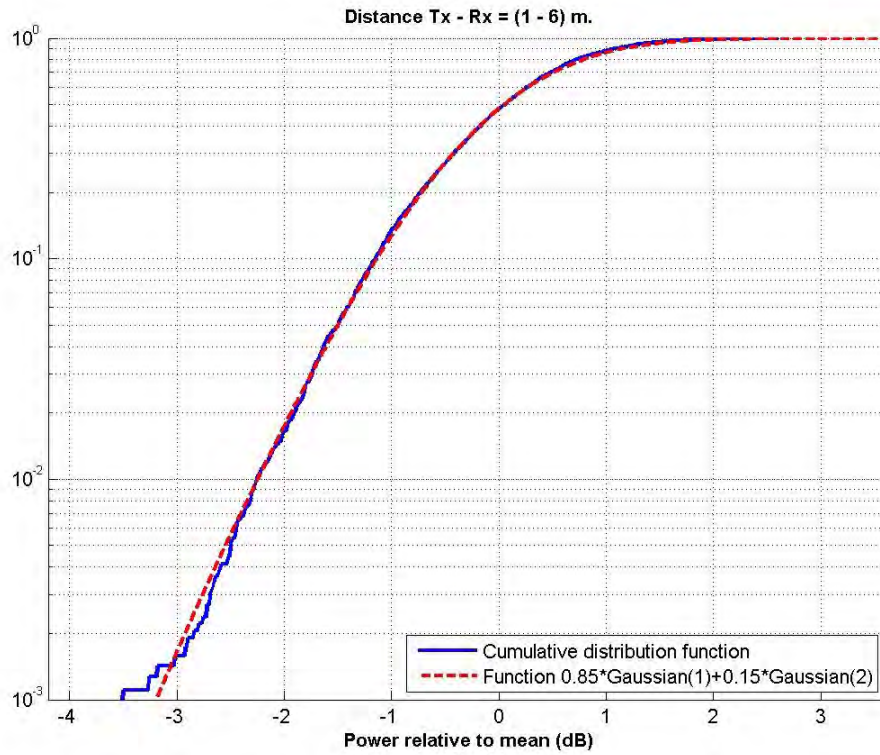


Fig. 7: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the third case of scenario 1.

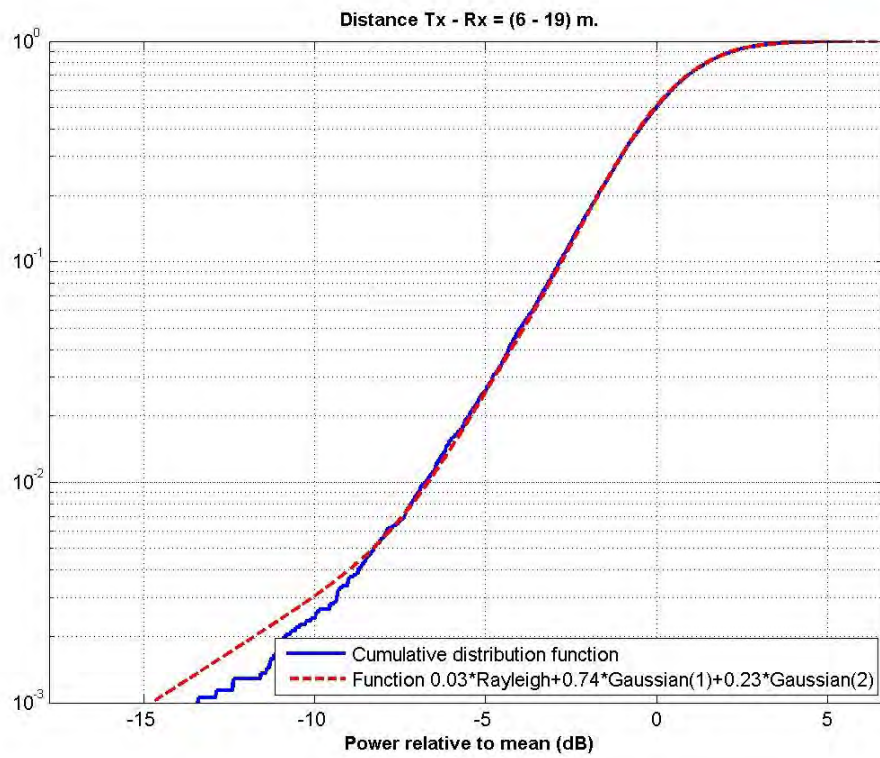
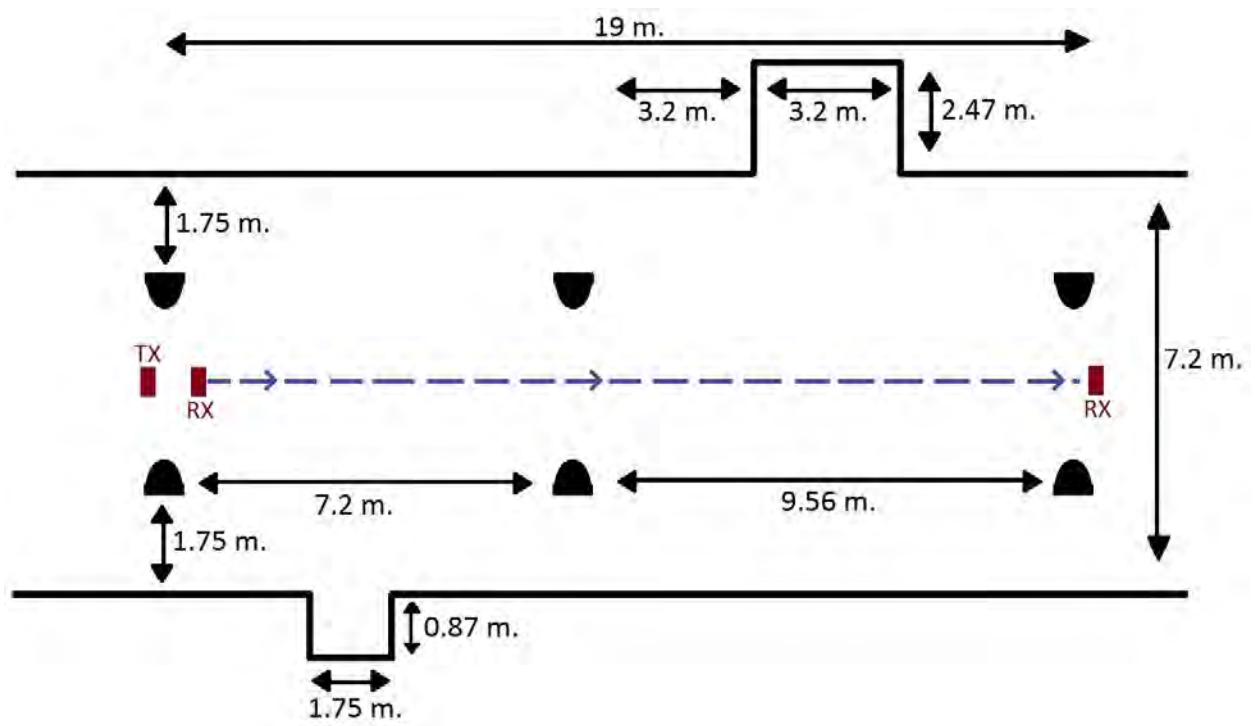


Fig. 8: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the third case of scenario 1.



(A)



(B)

Fig. 9: Second studied scenario.

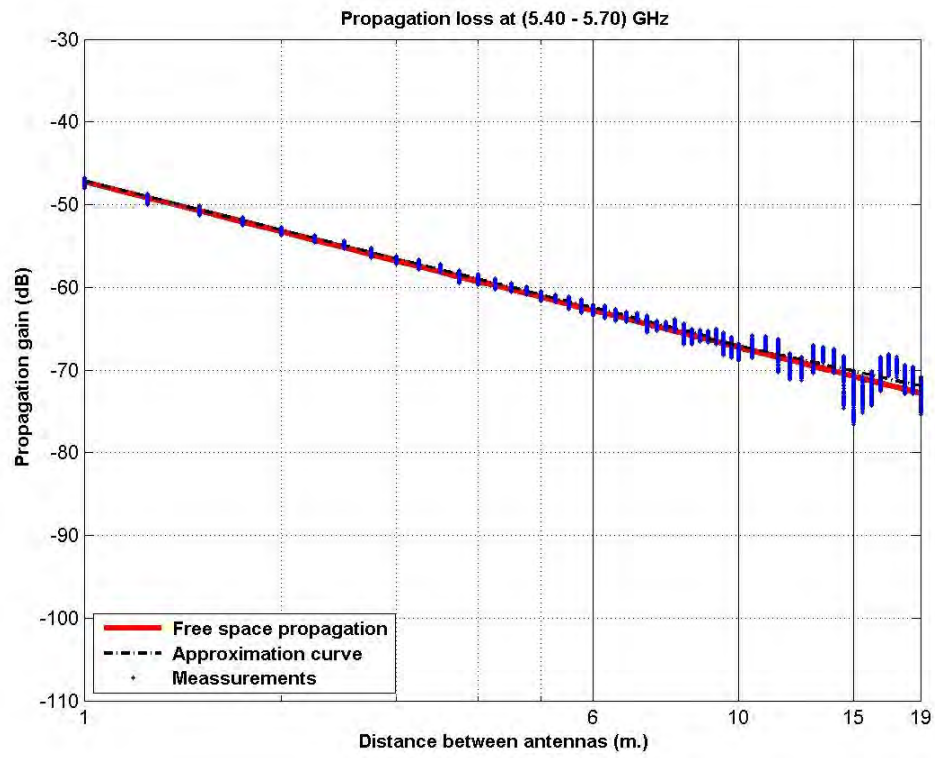


Fig. 10: Propagation loss of the first case of scenario 2.

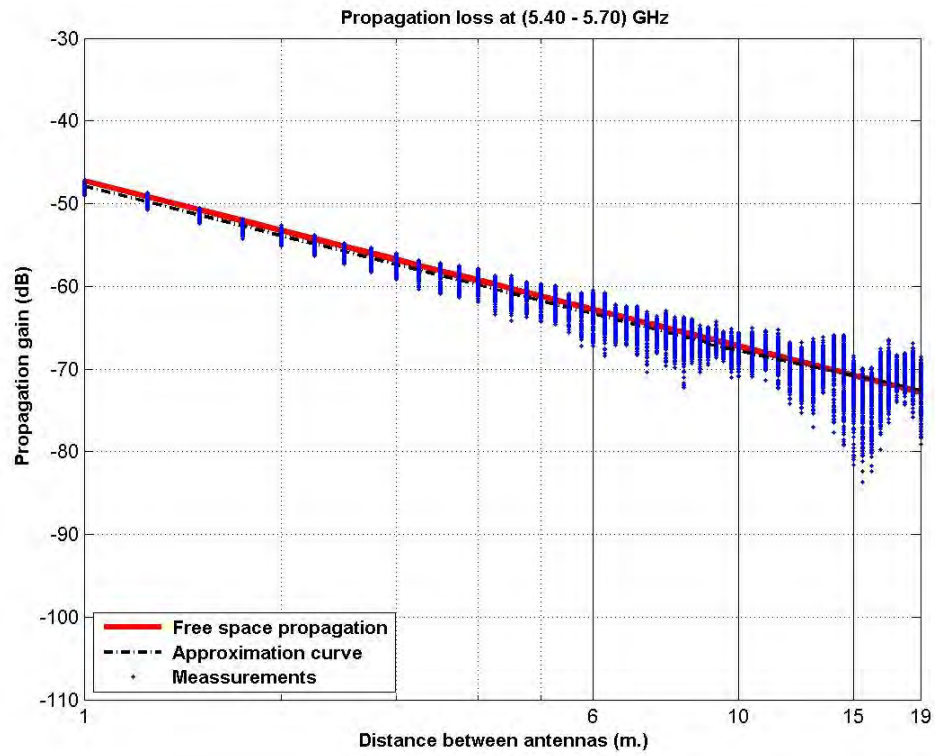


Fig. 11: Propagation loss of the second case of scenario 2.

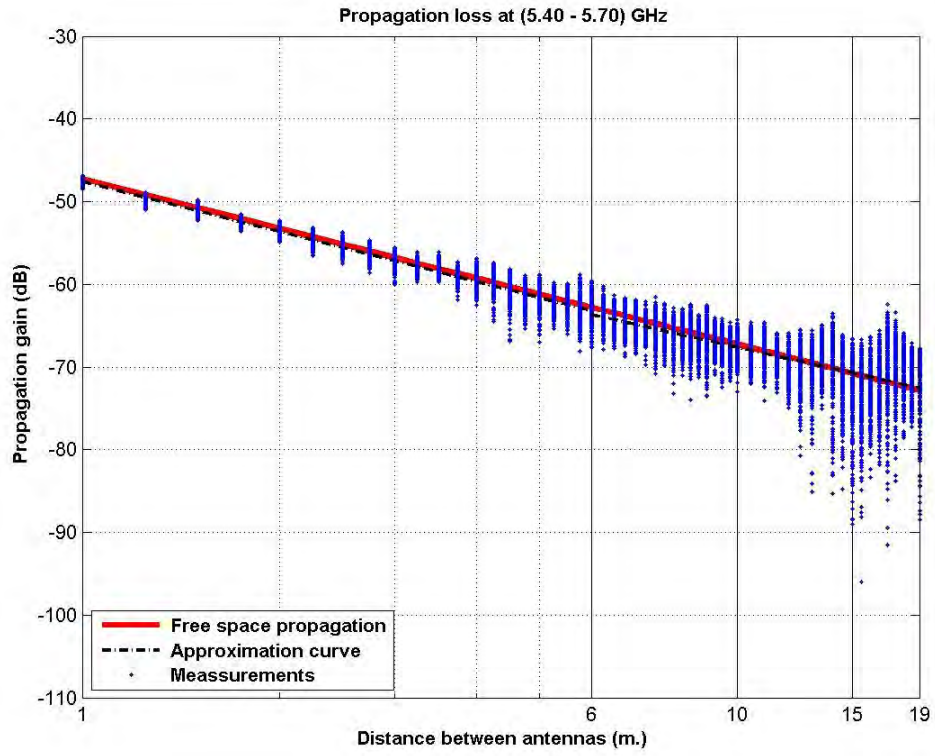


Fig. 12: Propagation loss of the third case of scenario 2.

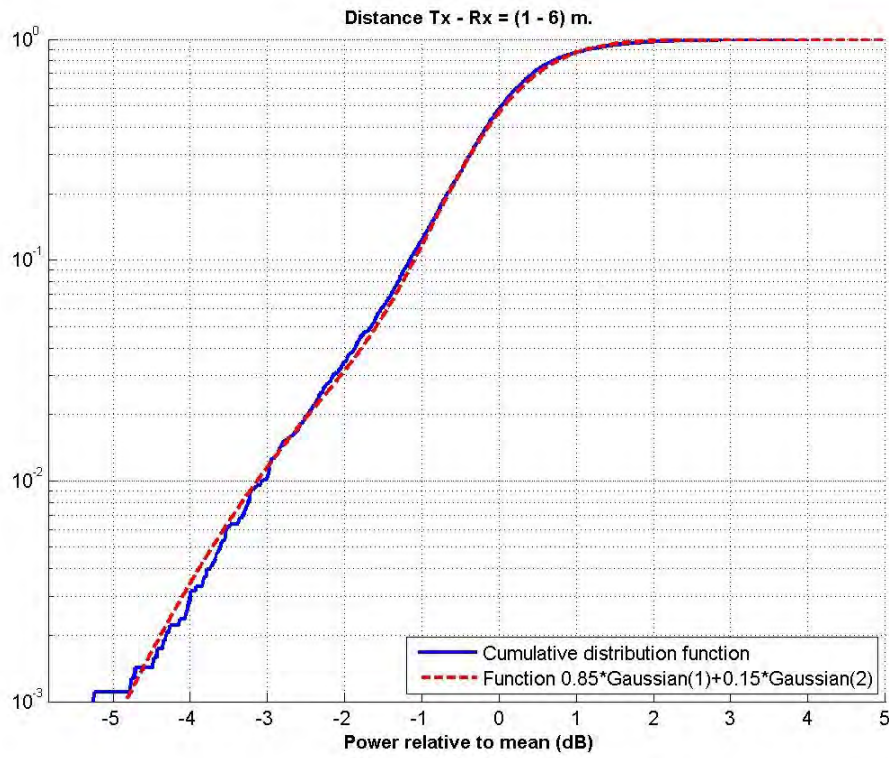


Fig. 13: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the third case of scenario 1.

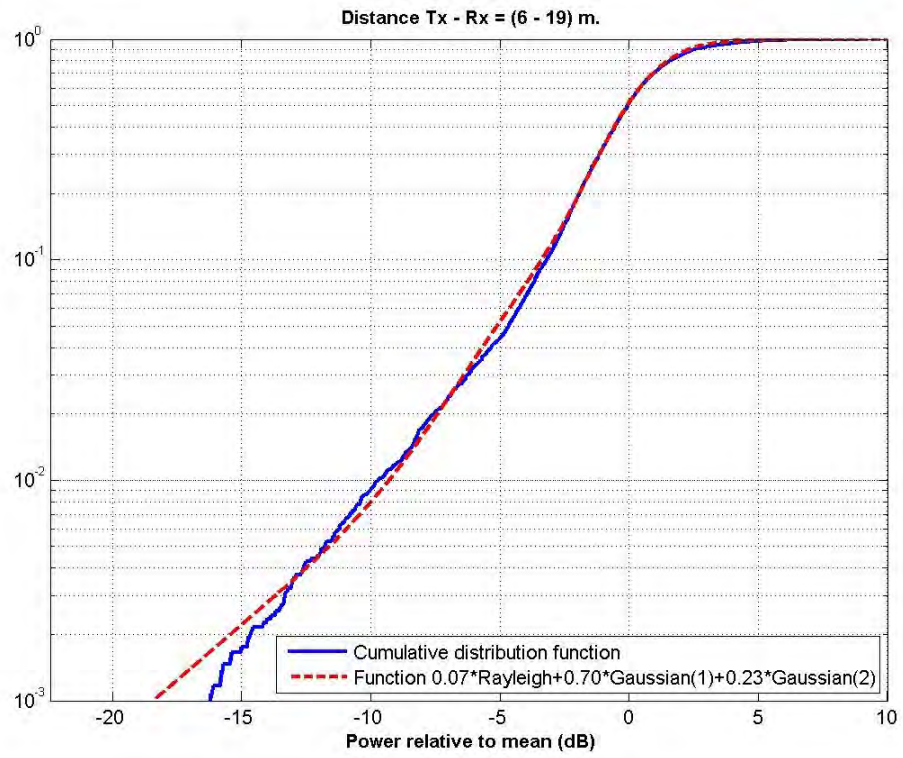
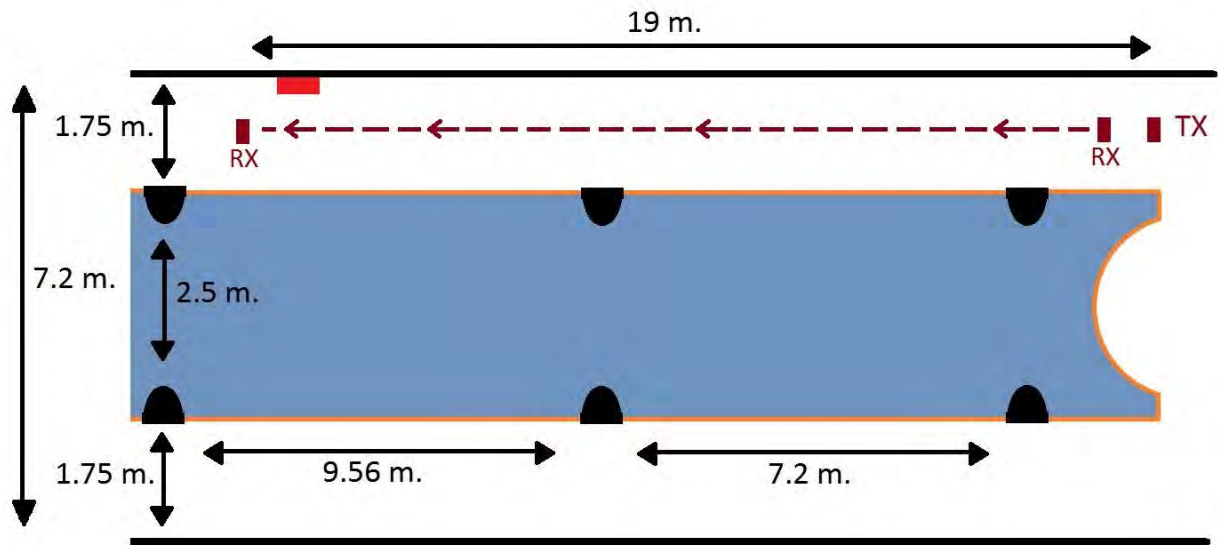


Fig. 14: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the third case of scenario 1.



(A)



(B)

Fig. 15: third studied scenario.

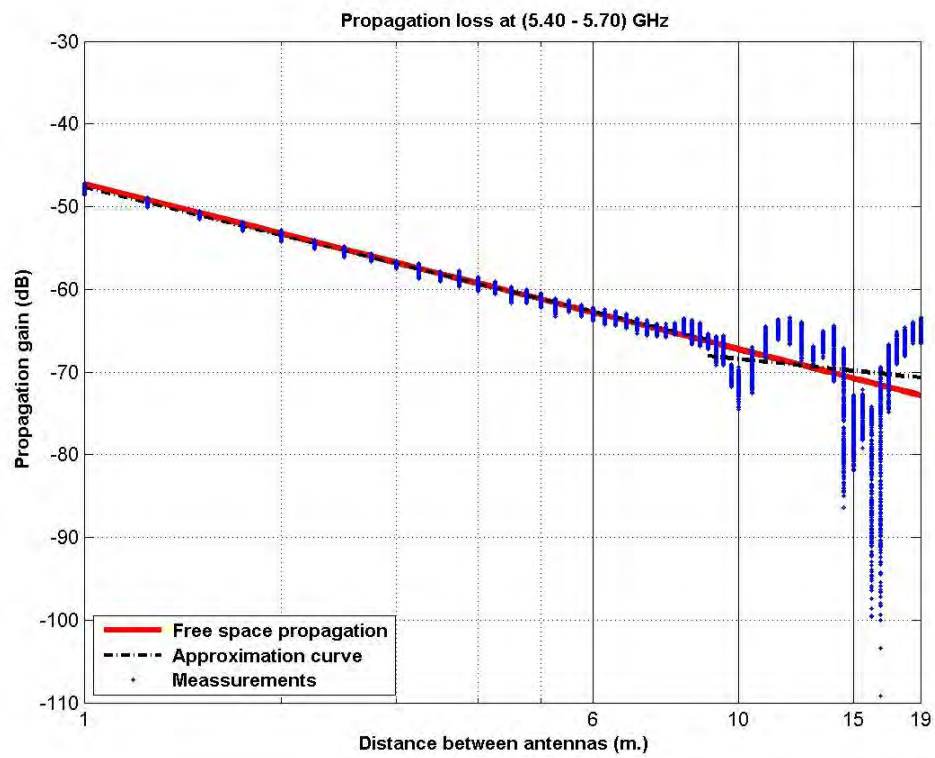


Fig. 16: Propagation loss of the first case of scenario 3.

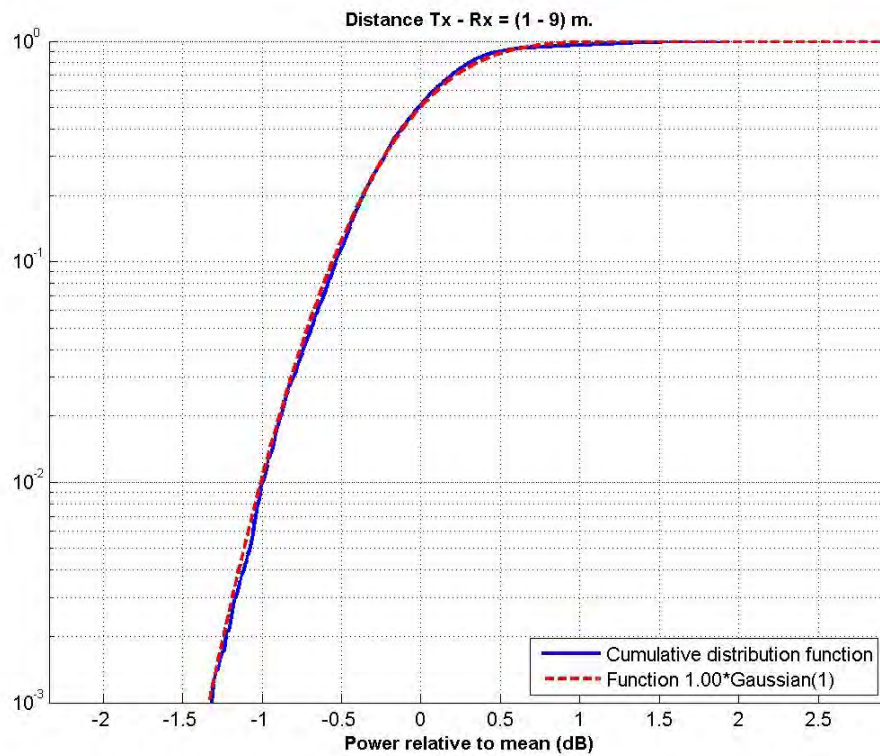


Fig. 17: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the first case of scenario 3.

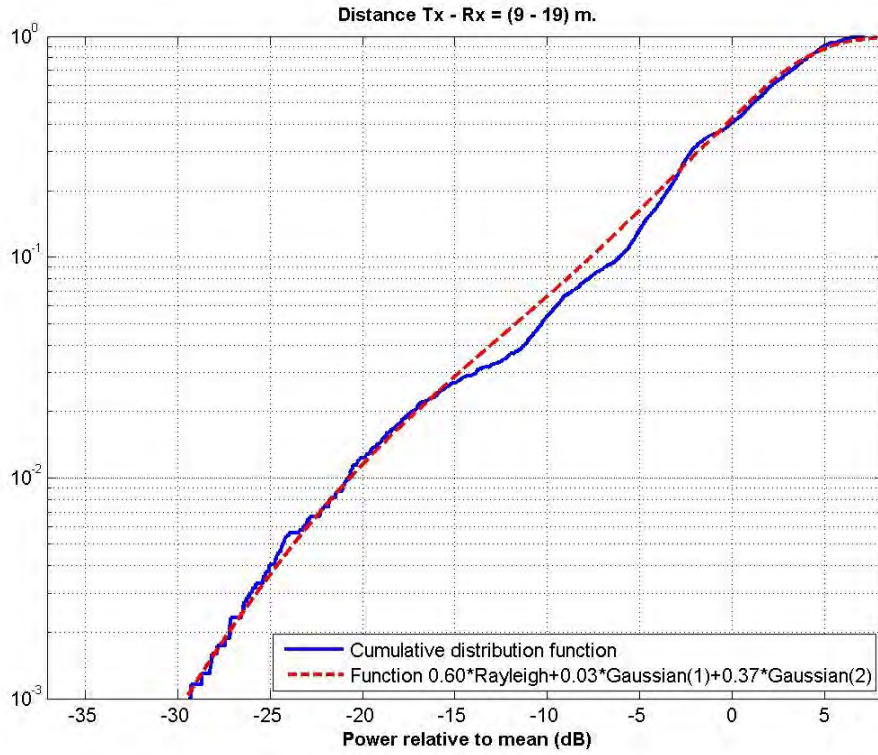


Fig. 18: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the first case of scenario 3.

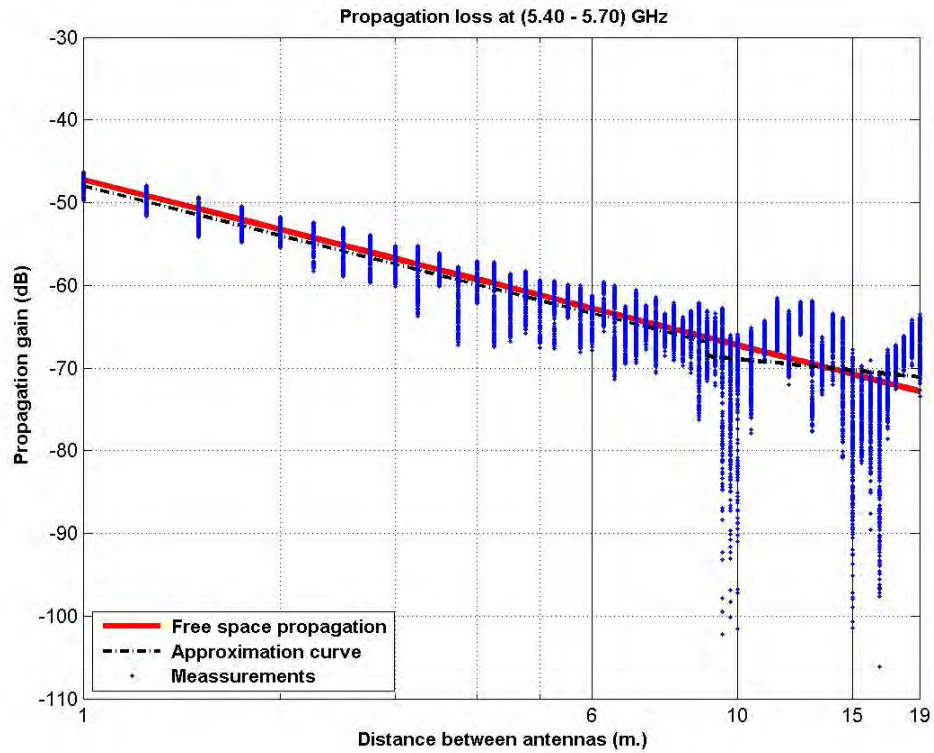


Fig. 19: Propagation loss of the second case of scenario 3.

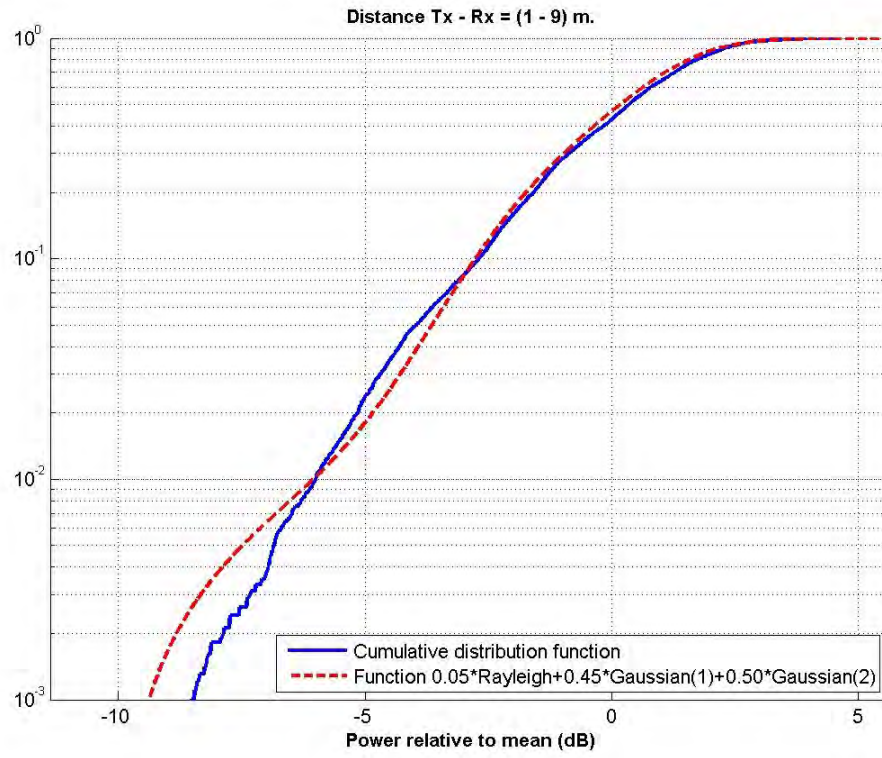


Fig. 20: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the second case of scenario 3.

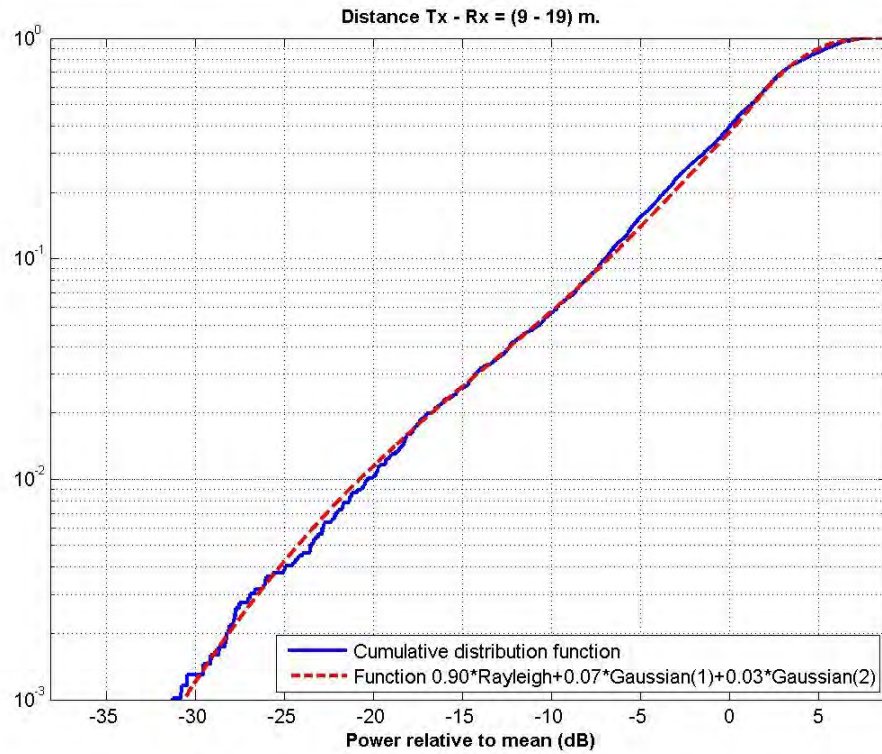


Fig. 21: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the second case of scenario 3.

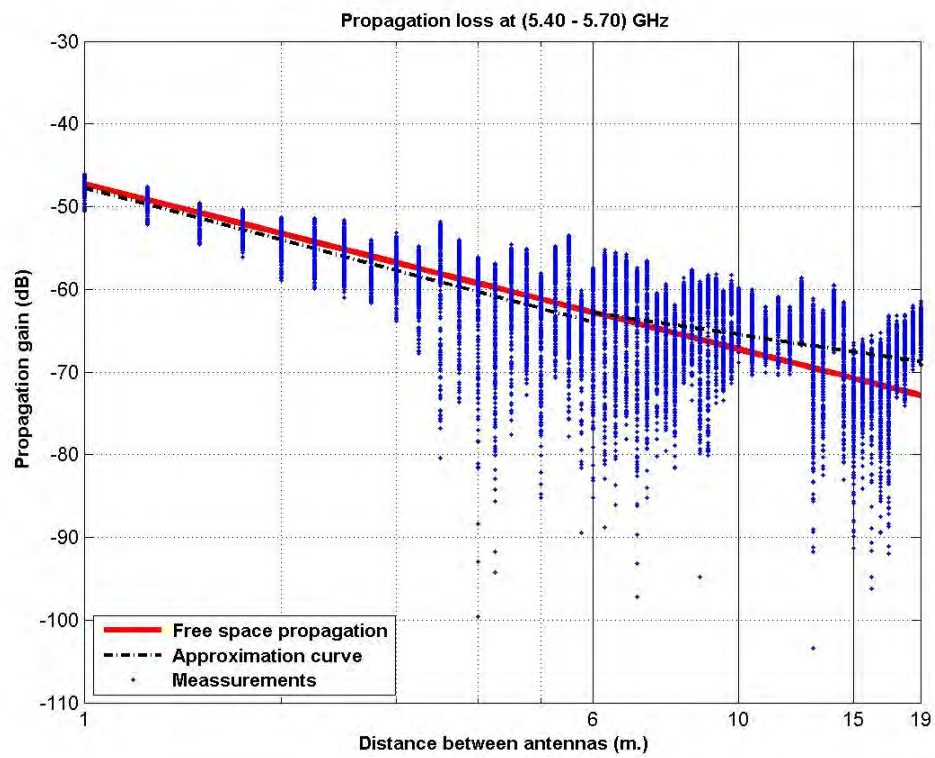


Fig. 22: Propagation loss of the third case of scenario 3.

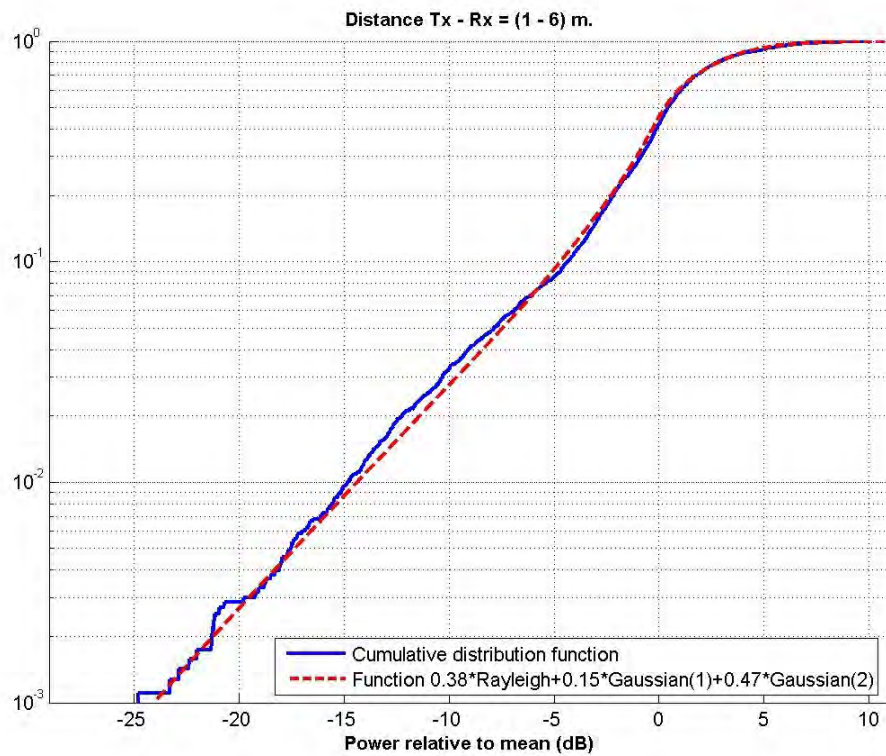


Fig. 23: CDF of the multipath induced fading of the first zone of the third case of scenario 3.

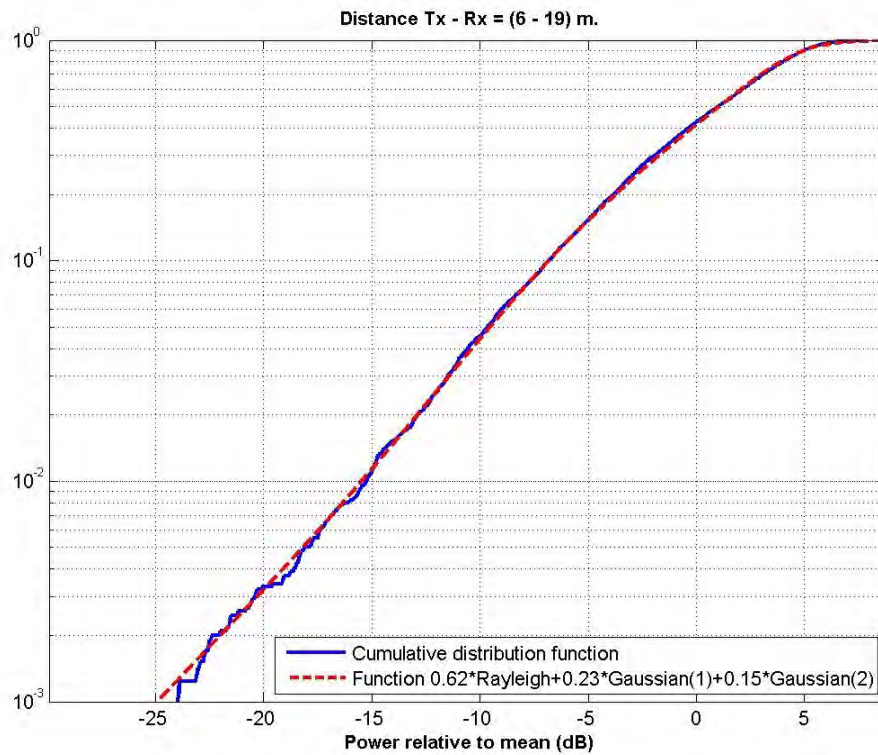


Fig. 24: CDF of the multipath induced fading of the second zone of the third case of scenario 3.

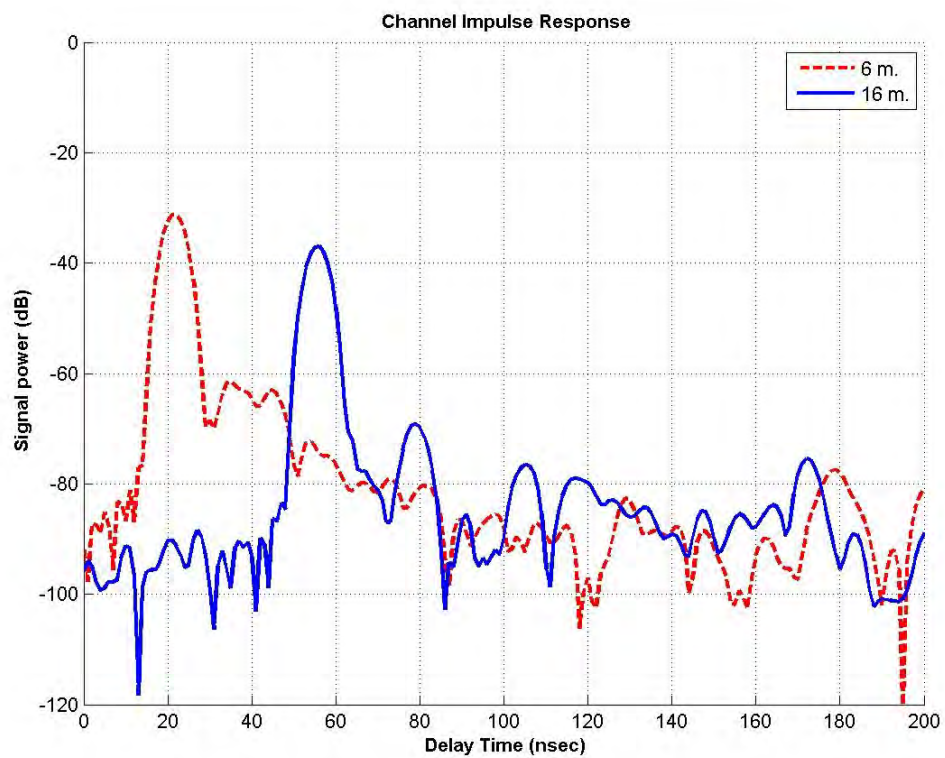


Fig. 25: CIR of the first case of scenario 1.

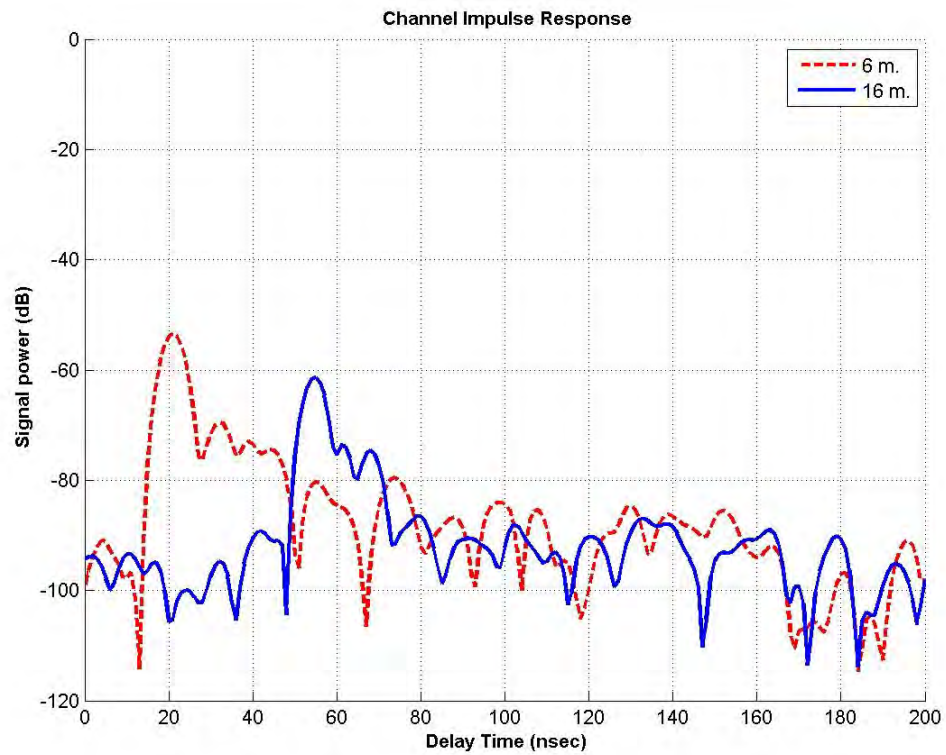


Fig. 26: CIR of the third case of scenario 1.

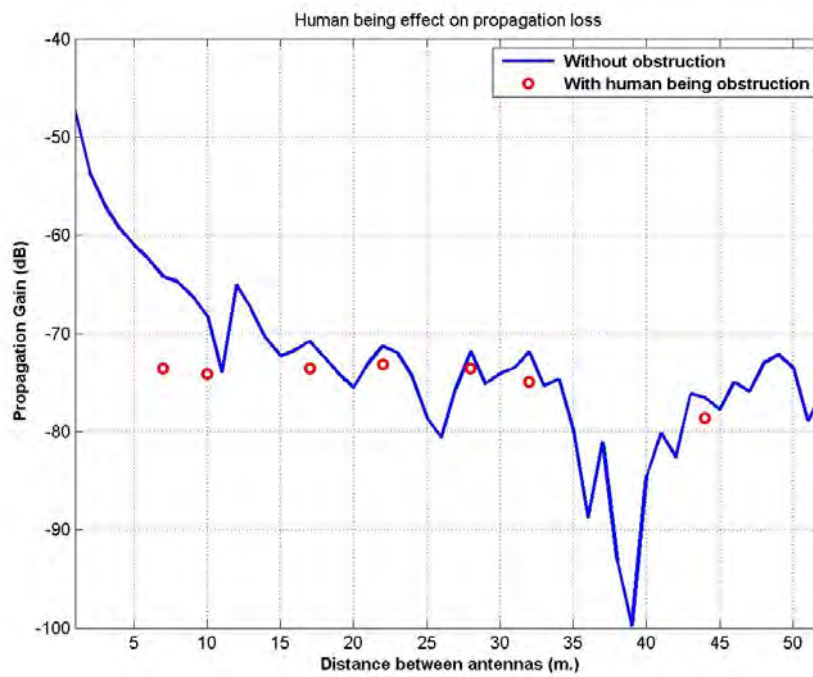


Fig. 27: Human being effect on the propagation loss.

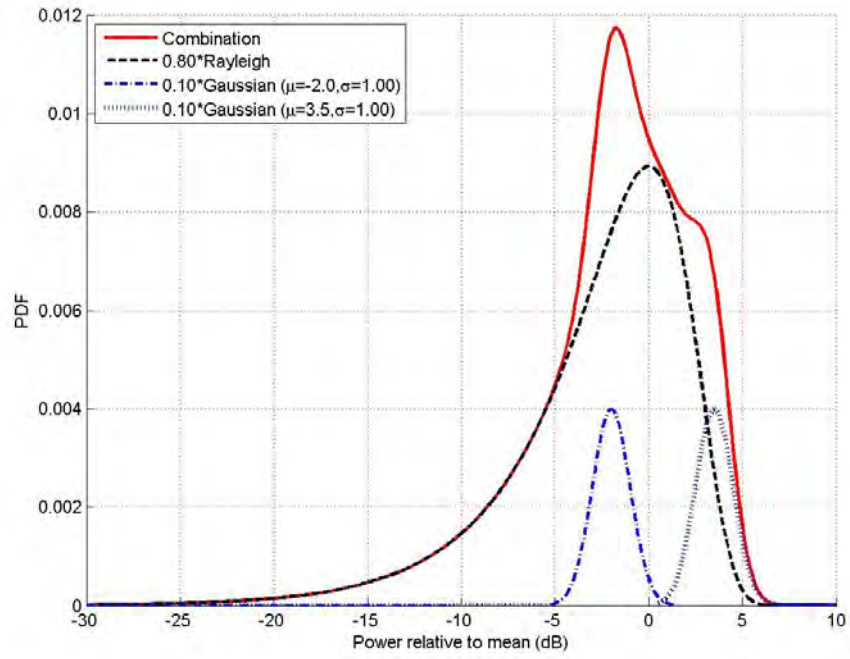


Fig. A1: First PDF of two Gaussian distributions and a Rayleigh one.

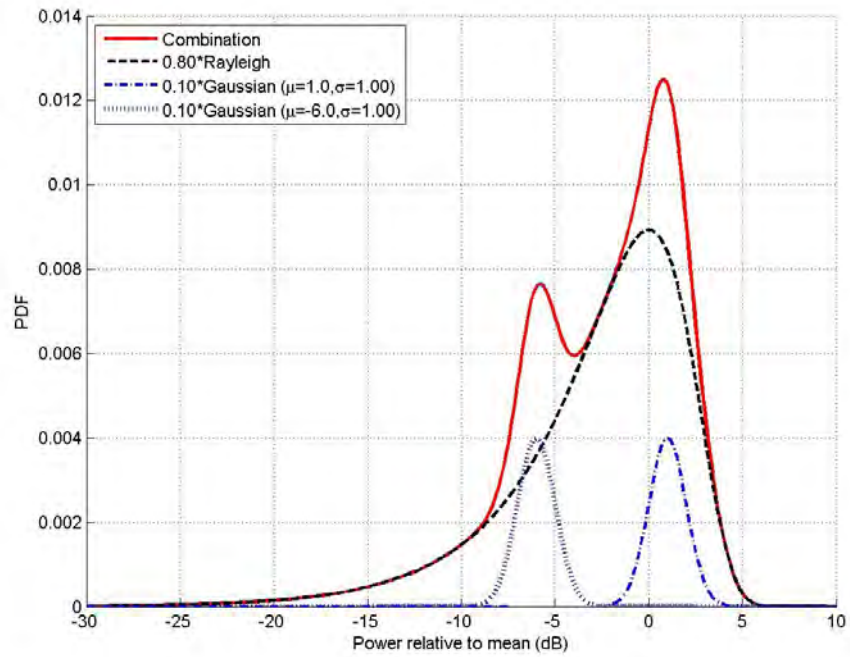


Fig. A2: Another PDF of two Gaussian distributions and a Rayleigh one.

References:

- [1] R&S news, Vol. 51, No. 204/11, pp. 16-17.
- [2] Tayebi, J. Gomez, F. Saez de Adana, and O. Gutierrez, "The application of ray-tracing to mobile localization using the direction of arrival and received signal strength in multipath indoor environments", Progress In Electromagnetics Research, PIER 91, 1–15, 2009.
- [3] M. Golparvar Roozbahani and E. Jedari, A. A. Shishegar, "A new link-level simulation procedure of wideband MIMO radio channel for performance evaluation of indoor WLANS", Progress In Electromagnetics Research, PIER 83, 13–24, 2008.
- [4] Blas, P. Fernández, R. M. Lorenzo, and E. J. Abril , S. Mazuelas, A.
- [5] Bahillo, and D. Bullido, "A model for transition between outdoor and indoor propagation", Progress In Electromagnetics Research, PIER 85, 147–167, 2008.
- [6] N. Yarkoni, N. Blaunstein, "Prediction of propagation characteristics in indoor radio communication environment", Progress in Electromagnetics Research, PIER 59, 151-174, 2006.
- [7] L. Howitt, M.S. Khan, "A mode based approach for characterizing RF propagation in conduits", Progress in Electromagnetics Research B, Vol. 20, 49-64, 2010.
- [8] Dinesh Tummala, "Indoor propagation modeling at 2.4 GHz for IEEE 802.11 networks", M.Sc Thesis, University of North Texas, December 2005.
- [9] Emilie Masson et. al., "Radio wave propagation in arched cross section tunnels – Simulations and measurements". Journal of Communications, Vol. 4, No. 4, 276 - 283, May 2009.
- [10] Erik Kjeldsen and Marshall Hopkins, "An experimental look at RF propagation in narrow tunnels". Scientific Research Corporation (SRC) Atlanta, Georgia.
- [11] Marina Barbiroli , Claudia Carciofi , Vittorio Degli Esposti , Franco Fuschini , Paolo Grazioso , Doriana Guiducci, Daniel Robalo, Fernando J. Velez, "Characterization of WiMAX propagation in microcellular and picocellular environments", 2010 Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 1-5, Barcelona, Spain, 2010.
- [12] Zaballos, G.Corrall, A.Carné, and J. L. Pijoan, "Modeling new indoor and outdoor propagation models for WLAN", (On line) Available at: www.salle.url.edu/~zaballos/opnet/OPNET2004b.pdf.
- [13] J. M. Gorce, K. Runser, G. de la Roche, "FDTD based efficient 2D simulations of Indoor propagation for wireless LAN", (On line) Available at: www.katia.runser.free.fr/Fichiers/GORCE_IMACS_FINAL.pdf
- [14] C. Nerguizian, C. L. Despains, S. Affes, M. Djadel, " radio-channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz", IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 4,

No. 5, 2441-2453, September 2005.

[15] X. H. Mao, Y. H. Lee, B. C. Ng, “ Propagation modes and temporal variations along a lift shaft in UHF band”, IEEE Transactions on Antennas and propagation, Vol. 58, No. 8, 2700-2709, August 2010.

[16] J. Poutanen, K. Haneda, J. Salmi et al., “Analysis of radio wave propagation from an indoor hall to a corridor”, IEEE Antennas and Propagation Symposium /USNC/URSI, Vols. 1-6, 2683-2686, 2009.

[17] J. Lee and H. L. Bertoni, “Coupling at cross, T, and L junctions in tunnels and urban street canyons”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 51, No. 5, 926-935, May 2003.

[18] Magdy F. Iskander, and Zhengqing Yun, “Propagation prediction models for wireless communication systems”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 50, No. 3, 662-673, March 2002.

[19] H. L. Bertoni, “Radio propagation for modern wireless systems”, Prentice Hall, 1999.

[20] A. Kara and H. L. Bertoni, “Effect of people moving near short-range indoor propagation links at 2.45 GHz”, Journal of Communications and Networks, Vol. 8, No. 3, 286-289, Sep. 2006.

[21] A. Kara, “Human body shadowing variability in short-range indoor radio links at 3 – 11 GHz band”, International Journal of Electronics, Vol. 96, No. 2, 205-211, 2009.

BAZIL TAHA AHMED was born in Mosul, Iraq, in 1960. He received the B.Sc. and M.Sc. degrees in Electronics and Telecommunication Engineering from the University of Mosul, in 1982 and 1985, respectively. He got the Ph. D degree in Telecommunication Engineering from the Polytechnic University of Madrid in 2003. Now he is working as an Associate Professor in the Universidad Autonoma de Madrid. He has published more than 90 scientific journal and conference papers in the area of the Electromagnetic Propagation and CDMA Systems, particularly the CDMA Capacity. His research interests include CDMA Capacity and Radiocommunication Systems Coexistence.



DAVID FERNANDEZ CAMPILLO was born in Guipuzcoa, Spain in February 1985. He received the Telecommunication Engineering Degree from the Universidad Autonoma de Madrid in 2012. His main current research interest is RF propagation in indoor environment.



JOSE LUIS MASA CAMPOS was born in Madrid, Spain, in 1974. He received the Master degree in 1999 and the PhD. Degree in 2006, from the Universidad Politécnica de Madrid, Spain. From 1990 to 2003 we developed his professional activity in the R&D department of the company RYMSA with the design of base station antennas for mobile communications and satellite antennas. From 2002 to 2003 he directed the R&D department of RYMSA. From 2003 to 2007 he worked as Research for Universidad Politécnica de Madrid, and in 2005 he jointed to Universidad Autónoma de Madrid as Assistant Professor in the Radiocommunications Group of the Polytechnic Collegue.

His main current research interests are in planar and active antennas.



C

Presupuesto

1) Ejecución Material

▪ Alquiler de equipos de medida (3 meses)	2500 €
▪ Compra de ordenador personal (Software incluido)	1.200 €
▪ Compra de impresora láser + tóners	200 €
▪ Compra de antenas	200 €
▪ Compra de trípodes y otros equipos necesarios	100 €
▪ Material de oficina	50 €
▪ Total de ejecución material	4.250 €

2) Gastos generales

▪ sobre Ejecución Material	200 €
----------------------------	-------

3) Beneficio Industrial

▪ sobre Ejecución Material	100 €
----------------------------	-------

4) Honorarios Proyecto

▪ 700 horas a 15 €/ hora	10.500 €
--------------------------	----------

5) Material fungible

▪ Gastos de impresión	300 €
▪ Encuadernación	30 €

6) Subtotal del presupuesto

▪ Subtotal Presupuesto	15.380 €
------------------------	----------

7) I.V.A. aplicable

▪ 18 % Subtotal Presupuesto	2.768,4 €
-----------------------------	-----------

8) Total presupuesto

▪ Total Presupuesto	18.148,4 €
---------------------	------------

Madrid, Junio 2012

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: David Fernández Campillo

Ingeniero Superior de Telecomunicación

D

Pliego de condiciones

Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un *Caracterización experimental del Canal Radio a 5,5 GHz en diferentes entornos*. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho estudio. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales.

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.
5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.
6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.
7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.
8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.
9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se

dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.
11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.
13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.
14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.
15. La garantía definitiva será del 4
16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.
18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.
22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrataz anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material"que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares.

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.
11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.
12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.